Études et recherches

RAPPORT **R-636**

La prise en compte des situations de travail dans les projets de conception

La pratique des concepteurs et des opérations impliqués dans un projet conjoint entre un donneur d'ouvrage et une firme de génie conseils

Fernande Lamonde
Jean-Guy Richard
Lyse Langlois
Julie Dallaire
Alain Vinet

irsst

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046
http://www.irsst.qc.ca/en/pat-abonnement.html

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives nationales
2010
ISBN : 978-2-89631-420-1 (imprimé)
ISBN : 978-2-89631-421-8 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, février 2010

Contexte de travail et SST

Études
et recherches

RAPPORT **R-636**

La prise en compte des situations de travail dans les projets de conception

La pratique des concepteurs et des opérations impliqués dans un projet conjoint entre un donneur d'ouvrage et une firme de génie conseils

Fernande Lamonde[1]
Jean-Guy Richard[1,2]
Lyse Langlois[1]
Julie Dallaire[1]
avec la collaboration de Alain Vinet[1]

[1]*Université Laval*
[2]*Irsst*

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à reconnaître la contribution financière de l'IRSST, grâce à laquelle la réalisation de cette activité de recherche a été rendue possible.

Des remerciements sont adressés à nos trois partenaires, la Commission de la Santé et de la Sécurité du Québec (CSST), l'Ordre des Ingénieurs du Québec (OIQ) et l'Association des Ingénieurs Conseils du Québec (AICQ). Par leur soutien et par leur participation au comité de suivi, ils ont permis la réalisation même de la recherche et l'ont enrichie.

Nous remercions également nos partenaires de l'étude de cas, deux entreprises internationales ayant des activités au Québec, une de production et une de génie conseils, dont les noms ne peuvent être divulgués, conformément à une entente de confidentialité. Nous tenons en particulier à souligner la confiance et la contribution efficace et généreuse de toutes les personnes qui, au sein de ces deux organisations, ont rendu possible le bon déroulement de cette partie de la recherche en acceptant de se prêter aux conditions du recueil des données. Notre reconnaissance s'adresse notamment aux gestionnaires membres du comité de direction de la recherche, mais également aux concepteurs, représentants des opérations, ingénieurs des services techniques, spécialistes de la prévention et opérateurs qui ont accepté de nous rencontrer.

La collaboration des membres du comité de suivi a été un facteur de succès de la recherche qu'il nous importe aussi de souligner. Grâce à eux, des ajustements ont été apportés tout au long de la recherche et un plan de valorisation a été conçu de manière itérative et progressive afin de répondre au mieux aux besoins et exigences à la fois des milieux professionnels et scientifiques. Nous remercions tout particulièrement les membres permanents du comité de suivi : M. Daoud Aït Kadi ing., professeur au Département de génie mécanique, Université Laval ; M. Alain Auger ing., Chef de service, Direction de la prévention et de l'inspection, CSST ; M. Charles Gagné, Conseiller en valorisation, IRSST ; M. Laurent Giraud ing., Chercheur, Service de la recherche, IRSST ; M. Daniel Jolin CRHA, Agent de formation, Service de développement professionnel, Direction des Affaires professionnelles, OIQ ; M. Alain L'Épicier, Conseiller en prévention et en inspection, Direction de la prévention et de l'inspection, CSST ; M. Yves Létourneau, directeur des politiques et de la recherche, AICQ ; M. Serge Masse, représentant de l'OIQ. S'est également adjointe au comité de suivi, ponctuellement, Me Mélodie Sullivan, avocate et conseillère juridique, Bureau du Syndic, Ordre des ingénieurs du Québec, OIQ.

En terminant, nous souhaitons souligner la participation de professionnels, de collègues chercheurs et d'étudiants qui, par leur apport ponctuel, à des étapes ciblées de la recherche, ont contribué à rehausser la richesse des travaux : P[r] Jacques Bélanger, département des relations industrielles, Université Laval; P[r] Jean Bernier, département des relations industrielles, Université Laval; M. Mathieu Champoux ing., ASPME ; M[e] Sylvain Déry, Université Laval (étudiant à la maîtrise en droit); M[me] Valérie Dutil, Université Laval (étudiante à la maîtrise en relations industrielles); M. Jean-Pierre Raymond, OIQ (contribution à titre personnel et non comme représentant de l'OIQ); M[me] Diane Rodier, CSST ; M. André Turcot ing., CSST ; M[me] Jacynthe Verville, Université Laval (étudiante au DESS en génie industriel).

SOMMAIRE

La recherche présentée dans ce rapport s'inscrit dans la lignée de celles qui, en ergonomie, soutiennent que concevoir des installations de production, c'est concevoir des situations de travail. Les opérateurs y travailleront dans de nouvelles conditions matérielles, d'espace, d'organisation du travail et de formation. Ils déploieront donc de nouvelles façons de faire, soit une nouvelle «activité réelle» de travail. De cette activité réelle future dépendra en grande partie l'atteinte des objectifs de production poursuivis par le projet (qualité, quantité, temps de cycle, gaspillages, etc.) mais également, les impacts sur les travailleurs (santé, sécurité, niveau satisfaction, etc.).

Le chapitre 1 avance une série d'arguments pratiques et scientifiques montrant que la pratique des ingénieurs influence fortement les situations de travail générées à l'issue de tels projets. Il apparaît donc pertinent de prendre pour objet d'étude **la pratique des ingénieurs intervenant dans les projets de conception d'installations industrielles**, en particulier la prise en compte, par eux, des situations de travail des opérateurs de la production et de la maintenance. Celle déployée dans le cadre de **projets menés par une firme de génie conseils et un donneur d'ouvrage, sans ergonome**, a retenu l'attention. L'objectif est de dégager de l'étude de cette pratique une meilleure connaissance des **facteurs favorables et défavorables à la prise en compte, en cours de projets, des situations de travail des opérateurs, sous l'angle de l'efficacité et de la sécurité**.

Les dispositifs méthodologiques mis en œuvre (chapitre 2) visent : 1) l'étude du contexte institutionnel québécois de la pratique du génie en lien avec la prise en compte des situations de travail en conception (obligations légales et jurisprudence, formation initiale, initiatives visant les ingénieurs en exercice,) ; 2) l'analyse de la pratique déployée dans le cadre d'un projet concret, examinée sous les angles socio-organisationnel, éthique, cognitif et ergonomique (étude de cas) ; 3) et enfin, la généralisation et la validation des résultats de ces analyses par des comités de suivi et de direction, l'étude de projets de référence chez les partenaires de l'étude de cas, un questionnaire documentant un éventail plus large de projets et de pratiques, l'examen de la littérature.

Les résultats dégagés ont trait à la *tâche prescrite et comprise* des concepteurs, aux niveaux institutionnel et organisationnel (chapitre 3), à leur *activité cognitive* (chapitre 4) et enfin, aux *effets de leur activité* (en termes de contribution des opérations au projet et de situations de travail générées en tant que telles) (chapitre 5).

Il ressort qu'aucune prescription institutionnelle ou organisationnelle n'oblige ni ne contribue à préparer les ingénieurs à prendre rigoureusement en compte les situations de travail en conception (par lui-même ou en interdisciplinarité avec un ergonome). Cependant, les ingénieurs, comme leurs employeurs, sont tenus :

- légalement, de se soucier des conséquences de leur pratique sur autrui, en termes de sécurité et de qualité, une obligation de résultat qui s'accompagne d'obligations de moyens laissant place au jugement professionnel, dont celles de respecter «les règles de l'art» et d'agir dans les limites de ses compétences;

- de concilier ces obligations légales avec les contraintes de l'exercice de leur profession en contexte organisationnel (la plupart des ingénieurs sont salariés) et de projets;
- donc, d'intégrer des objectifs de rentabilité, de qualité, d'échéancier et de sécurité, ce qui l'amène à devoir coopérer avec une multitude d'acteurs de disciplines, de secteurs de l'entreprise et de métiers variés.

De fait, les ingénieurs interrogés manifestent «une sensibilité éthique» eu égard à l'impact de leurs choix sur les individus en tant qu'utilisateurs, travailleurs (santé et sécurité) ou «clients» (souci du travail bien fait). Ils vivent des dilemmes éthiques qu'ils parviennent cependant difficilement (sauf exception) à résoudre en faveur de leurs valeurs : les règles organisationnelles, plus que l'identité personnelle et professionnelle, sont priorisées. Or, s'agissant de ces règles organisationnelles, l'analyse sociologique révèle que celles qui déterminent le travail du concepteur, de façon formelle et informelle, découlent tant de la gestion du projet que de la gestion des deux entreprises (firme et donneur d'ouvrage). Certaines supportent le concepteur dans ses efforts d'intégration des objectifs de rentabilité et de sécurité; d'autres le poussent à des compromis, y compris en défaveur des situations de travail des opérateurs.

L'analyse de l'activité cognitive des ingénieurs, quant à elle, montre comment les situations de travail sont prises en compte, en contexte, suivant que les ingénieurs sont tournés : 1) vers les opérations pour cerner leurs besoins; 2) vers la conception, pour définir le dispositif de production dont ils sont «localement» responsables; 3) vers le projet, pour arrimer leur conception locale au projet dans son ensemble. Il s'avère que les ingénieurs projettent ponctuellement l'usage des installations (production et maintenance) pour évaluer les conséquences de leurs scénarios de conception sur l'efficacité et la sécurité. Cependant, qu'ils le fassent seuls ou en coopération avec les opérations, voire directement avec des opérateurs, cette composante fonctionnelle du besoin des opérations n'est pas appréhendée de manière systématique et rigoureuse. La recherche révèle donc qu'outre la pratique des concepteurs, celle des opérations invitées à contribuer au projet est tout aussi déterminante de l'efficacité de la prise en compte des situations de travail en conception. L'effet combiné de ces pratiques a conduit à la définition de situations de travail non optimales eu égard à l'efficacité et la sécurité, et donc à l'efficience du projet.

Les facteurs favorables ou non à la prise en compte des situations de travail dans les projets sans ergonome mis en relief (chapitre 6) sont donc relatifs : 1) aux moyens mis à disposition des concepteurs, mais également des opérations impliquées en conception ; 2) à ce qui, en amont, préside à la définition de ces moyens par les gestionnaires des projets et des entreprises. Les pistes d'action identifiées (chapitre 7) visent cette triple clientèle (concepteurs, opérations et gestionnaires) et suggèrent d'agir tant au niveau organisationnel qu'institutionnel. Une priorité devrait être accordée à sensibiliser les gestionnaires au fait qu'il y a convergence entre la prise en compte des situations de travail en conception et leurs préoccupations de concilier rentabilité (des projets et de l'exploitation des installations) et santé et sécurité. La suite de la présente recherche consistera d'ailleurs à développer un tel argumentaire, mais également des outils (guides de pratique, etc.) pour supporter, concrètement, une prise en compte des situations de travail en conception plus répandue dans les milieux organisationnels et plus efficace.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS I

SOMMAIRE III

TABLE DES MATIÈRES V

LISTE DES TABLEAUX, DES FIGURES ET DES ENCADRÉS IX

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES XI

1. CONCEPTION CENTRÉE SITUATIONS DE TRAVAIL : DÉFINITION, ENJEUX ET DÉFIS 1

1.1 La notion de situations de travail en ergonomie de conception 1
1.2 Les situations de travail comme enjeu des projets d'ingénierie 2
1.3 La place effective des situations de travail en conception 3
1.3.1 Malgré les outils disponibles, des résultats mitigés 3
1.3.2 Des efforts à déployer pour comprendre et influencer la pratique des concepteurs 5
1.3.3 Quelles pratiques des concepteurs privilégier ? 7
1.4 Objet et objectifs de la recherche 8

2. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE 9

2.1 Fondements théoriques et canevas général de la recherche 9
2.2 Principes et méthodes de recueil et d'analyse des données 13
2.2.1 Étude du contexte institutionnel cadrant la pratique du génie de conception (phase 1) 13
2.2.2 Étude de la pratique de l'ingénieur en situation réelle de conception (phase 2) 14
2.2.3 Validation et généralisation 18

3. LES CONDITIONS D'EXÉCUTION DU TRAVAIL (OU LA TÂCHE) DES CONCEPTEURS 21

3.1 Contexte institutionnel (ou supra organisationnel) 21
3.2 Contexte organisationnel (étude de cas) 24
3.3 Conditions d'exécution du travail mises en évidence par les analyses éthique et sociologique 26

4. ACTIVITÉ COGNITIVE DES CONCEPTEURS EN CONTEXTE RÉEL DE CONCEPTION 33

4.1 Cerner le besoin des opérations 33
4.1.1 Construire un cadre participatif pour la conception 33
4.1.2 Traduire le besoin des opérations en spécifications concrètes 36
4.2 Développer la solution de manière optimale 37
4.2.1 Réduire temporairement la complexité du problème de conception 38
4.2.2 Élaborer des scénarios de solution tout en anticipant les conséquences pour les opérations et le projet 39
4.2.3 Garder la mémoire des spécifications de conception (dont les besoins des opérations) 40
4.3 Articuler sa contribution à celle des autres acteurs projet 41
4.3.1 Se synchroniser avec les autres acteurs projet 42
4.3.2 Gérer les contradictions et différences de points de vue et de priorités 43

5. EFFETS DE L'ACTIVITÉ DES CONCEPTEURS SUR LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL 45

5.1 Résultats du projet du point de vue du processus de travail des ressources opérations 45
5.2 Résultats du projet du point de vue des situations de travail 47

6. FACTEURS FAVORABLES À LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL : SYNTHÈSE ET DISCUSSION 49

6.1 Les conditions d'exécution du travail des concepteurs 49
6.2 La définition des conditions d'exécution du travail des concepteurs 52

7. DISCUSSION ET CONCLUSION : VALIDATION, PISTES D'ACTION ET AXES DE VALORISATION 55

7.1 Spécifications fonctionnelles pour définir les conditions d'exécution du travail des concepteurs (que faut-il viser ?) 55
7.2 Pistes d'action et valorisation des résultats de la recherche (comment faire ?) 57
7.2.1 Sur le plan scientifique 57
7.2.2 Sur les plans organisationnel et institutionnel 60

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 63

ANNEXE 1 : SYNTHÈSE DE L'INTERVENTION DE L'ERGONOME SPÉCIALISTE DANS LES PROJETS DE CONCEPTION 75

ANNEXE 2 : FONDEMENTS MÉTHODOLOGIQUES : ÉTAT DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES SUR LA PRATIQUE DES INGÉNIEURS ET CADRES THÉORIQUES 77

ANNEXE 3 : PRINCIPES ET MÉTHODES DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES.....85

ANNEXE 4 : OBLIGATIONS LÉGALES DE L'INGÉNIEUR LIÉES À LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL : RÉSULTATS DÉTAILLÉS 98

ANNEXE 5 : FORMATIONS INITIALES ET INITIATIVES VISANT À INFLUENCER LA PRATIQUE DES INGÉNIEURS EN EXERCICE 115

ANNEXE 6 : PRÉOCCUPATIONS DES ENTREPRISES PARTENAIRES DE L'ÉTUDE DE CAS EN LIEN AVEC LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL EN CONCEPTION 125

ANNEXE 7 : MODALITÉS DE CONTRIBUTION DES RESSOURCES OPÉRATIONS À LA DÉFINITION DES INSTALLATIONS : RÉSULTATS DÉTAILLÉS 129

LISTE DES TABLEAUX, DES FIGURES ET DES ENCADRÉS

Liste des tableaux

Tableau 2.2.2 : Synthèse des données recueillies et cartographie des acteurs projets rencontrés 15

Tableau 3.2a : Fiche technique du projet de conception documenté de manière intensive 25

Tableau 3.2b : Préoccupations en lien avec les situations de travail, relatives à la gestion des projets dans leur ensemble (détaillées en annexe 6) 26

Tableau 3.3a : Caractéristiques distinctives des projets de référence 30

Tableau 3.3b : Facteurs conjoncturels déterminant les règles de fonctionnement réelles des acteurs au sein du projet suivi 31

Tableau 7.1 : Spécifications fonctionnelles pour opérationnaliser l'atteinte des objectifs «situations de travail» (en gras) et «opérations» (en italique) d'un projet de conception 56

Tableau A3.1 : Extrait d'un protocole d'analyse de l'activité cognitive des ingénieurs (étude de cas) 86

Tableau A4.2a : Articles du Code de déontologie des ingénieurs classés par thématique 102

Tableau A4.2b : Articles du Code civil du Québec classés par thématique 103

Tableau A4.2c : Articles de la Loi sur la santé et la sécurité du travail classés par thématique 107

Tableau A4.2d : Articles du R.s.s.t. et du Code de sécurité abordant directement ou indirectement le travail de l'ingénieur 109

Tableau A4.2e : Articles du Code des professions 110

Tableau A4.2f : Articles du Code criminel 110

Tableau A5.1a : Analyse de la formation humaine initiale des ingénieurs 117

Tableau A5.1b : Pourcentage de crédits obligatoires, optionnels et de stages associés à de la formation non technique dans les programmes de baccalauréat dispensés par les écoles et facultés de génie du Québec 118

Liste des figures

Figue 1.1 : Les «situations de travail» générées par les projets de conception 2

Figure 2.1 : Canevas général de la recherche 11

Figure A6 : L'étendue et l'objectif du projet de recherche définis en partenariat avec le donneur d'ouvrage et la firme de génie conseils impliqués dans l'étude de cas 125

Liste des encadrés

Encadré 2.1 : Énoncés provisoires sur la nature de la pratique de l'ingénieur et les principes de son étude (synthèse) 10

Encadré 4.1a : La «qualité» des données opérations recherchées 34

Encadré 4.1b : Le mode de coopération recherché et mis en place avec les opérations 34

Encadré 4.1c : Les ressources mises à profit pour cerner le besoin des opérations 35

Encadré 4.1d : Types d'aide à la conception en fonction des ressources opérations 35

Encadré 4.1e : L'objectif «répondre au besoin des opérations» opérationnalisé «en action» 36

Encadré 4.1f : Connaissance non systématique des situations de travail existantes et futures issue de la consultation formelle et informelle : facteurs en cause 37

Encadré 4.2a : Enjeux et issues du jugement d'incertitude en cours de conception 40

Encadré 4.3b : La synchronisation formelle et la synchronisation relative à ce dont le concepteur «se sent redevable» et «se sent moralement responsable» 43

Encadré A2.2 : Énoncés provisoires sur la nature de la pratique professionnelle de l'ingénierie de conception cadrant les principes de son étude (détaillés) 84

Encadré A4.1 : Documents de doctrine juridique consultés dans le cadre de la recherche et provenant de la banque de données SOQUIJ 100

Encadré A4.2 : Normes édictées par le Guide de pratique professionnelle élaboré par l'OIQ 111

Encadré A5.1 : Tendances visées pour améliorer la formation initiale des futurs ingénieurs par les représentants des universités et d'autres acteurs institutionnels du milieu du génie du Québec 120

Encadré A5.2 : Nouvelles exigences et encadrement de la pratique de l'ingénieur en exercice 122

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

Abréviations

Association Canadienne d'Ergonomie	ACE
Académie Canadienne du Génie	ACG
Association des Ingénieurs Conseils du Québec	AICQ
Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie	BCAPI
Chambres de commerce et d'industrie	CCI
Code civil du Québec	C.c.Q.
Code criminel	C.cr.
Code de déontologie des ingénieurs	C.d.i.
Code des professions	C.p.
Cour d'appel	C.A.
Comité de discipline	C.D.
Conseil Interprofessionnel du Québec	C.I.Q.
Cour du Québec	C.Q.
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada	CRSNG
Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail du Québec	CSST
Cour supérieure	C.S.
Cour suprême du Canada	C.S.C.
Canadian Standards Association	CSA
Diplôme d'études collégiales	D.E.C.
Demande du service d'ingénierie	D.S.I.
Guide de Pratique professionnelle	G.P.P.
International Ergonomics Association	IEA
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail	IRSST
Key Performance Indicators	KPI
Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles	L.a.t.m.p.
Loi sur la sécurité civile	L.s.c.
Loi sur les ingénieurs	L.s.i.
Loi sur la santé et la sécurité du travail	*L.s.s.t.*
Ordre des Ingénieurs du Québec	OIQ
Office des Professions du Québec	OPQ
Ordre des Technologues Professionnels du Québec	OTPQ
Petite moyenne entreprise	PME
Production à Valeur Ajoutée	PVA
Règlement sur la santé et la sécurité du travail	R.s.s.t.
Safety Security Health and Environment	SSHE
Santé sécurité au travail	SST
Société Québécoise d'Information Juridique	SOQUIJ
Tribunal des Professions du Québec	T.P.Q.
Unité d'accréditation	UA

Acronymes

Capital expenses (dépenses en capital)	CAPEX
Organisation internationale de normalisation	ISO
Operational expenses (dépenses de fonctionnement ou d'opérations)	OPEX

1. CONCEPTION CENTRÉE SITUATIONS DE TRAVAIL : DÉFINITION, ENJEUX ET DÉFIS

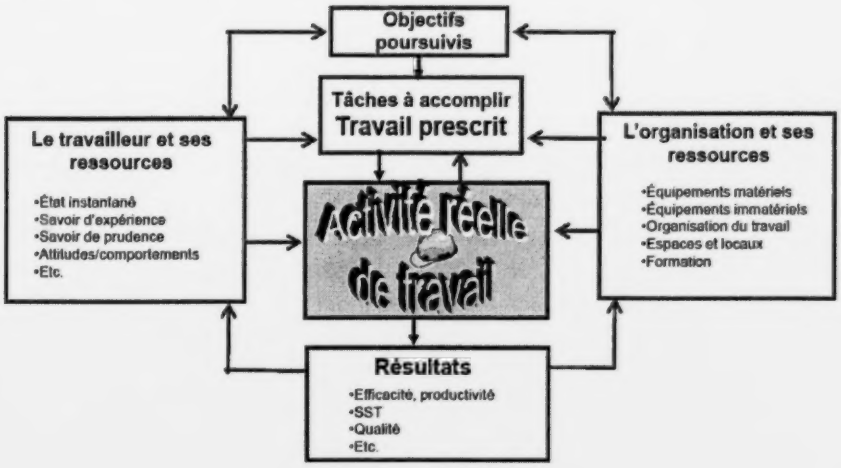
La recherche s'inscrit dans la lignée des efforts consacrés par l'ergonomie à intégrer la prise en compte des situations de travail dans les projets de conception; l'objectif est de faire en sorte que, à l'issue de ces projets, l'activité réelle des opérateurs de la production et de la maintenance soit optimale sur les plans de l'efficacité et de la sécurité (1.1). Ces efforts vont dans le sens de tendances émergentes dans le monde de la conception en ingénierie (1.2). Cependant, les solutions déployées en ergonomie et en ingénierie donnent des résultats mitigés (1.3). L'analyse des causes de ce bilan pointe l'intérêt de mieux comprendre la pratique des concepteurs (1.4).

1.1 La notion de situations de travail en ergonomie de conception

Le déclencheur d'un projet de conception de nouvelles installations industrielles est la constatation que celui-ci répond à un besoin de l'entreprise et représente une opportunité d'affaires (Genest et Nguyen 2002). Un tel projet est typiquement défini par trois paramètres fondamentaux : des objectifs opérationnels de production (capacité, qualité) à atteindre une fois les futures installations en marche, de même que des contraintes de temps et de coûts à respecter.

Du point de vue de l'ergonomie, à l'issue d'un projet de conception, on aura modifié et conçu des situations de travail, soit le système illustré en figure 1.1. En effet, on aura doté les opérateurs de nouvelles «ressources» pour travailler : leur profil (âge, expérience, etc.) aura parfois changé et ils devront réaliser des tâches en partie nouvelles avec d'autres équipements matériels (machines, outils, etc.) et immatériels (logiciels, méthodes, procédures, etc.), dans d'autres espaces (locaux, bâtiments, etc.) et avec une autre organisation du travail (répartition des tâches, polyvalence, horaires, etc.). Les opérateurs déploieront donc de nouvelles façons de faire qu'ils acquerront en partie par la formation. Du fait de l'incontournable variabilité des ressources (la matière première diffère d'un lot à l'autre, les équipements s'usent, il manque de personnel, la fatigue s'installe, des incidents surviennent, etc.) et selon l'efficience des moyens employés pour projeter l'usage des futures installations, ces nouvelles façons de faire diffèreront plus ou moins largement de celles prescrites par les concepteurs; c'est ce que l'ergonomie appelle l'«*activité réelle de travail*» (Guérin et coll. 2001). Dans les faits, c'est cette activité réelle qui engendrera les résultats obtenus au niveau de l'opération quotidienne des nouvelles installations (efficacité, qualité, productivité – quantité, temps de cycle, gaspillages, etc. – mais également, au niveau des travailleurs – santé, sécurité, etc.) et, en prolongement, au niveau du projet (itérations, facilité de démarrage, appropriation, satisfaction des opérations, etc.).

En effet, en d'autres termes, concevoir des installations de production, c'est aussi concevoir des situations de travail. En prenant les situations de travail en compte à toutes les étapes d'un projet, il est possible d'optimiser «les ressources» fournies par l'organisation aux opérateurs pour travailler avec efficacité, dans le respect de leur intégrité physique, soit : l'utilité des nouvelles installations (répondre aux besoins des opérateurs), leur utilisabilité (la convivialité) et leur appropriabilité (l'apprentissage des nouvelles installations) (Haradji et Favreaux 2006). Cela contribue à l'atteinte des objectifs de production et au respect des contraintes de temps et de budget qui sont à la base de l'évaluation de la rentabilité du projet et de la décision d'investir des dirigeants d'entreprises.



Figue 1.1 : Les «situations de travail» générées par les projets de conception

Il apparaît donc important, du point de vue de l'ergonomie, de prendre en compte les façons de faire réelles des opérateurs de la production et de la maintenance chaque fois que sont définies de nouvelles installations de production. Pour ce faire, l'ergonome de profession impliqué dans un projet réalise une série d'interventions pour intégrer cette préoccupation au niveau des objectifs puis à toutes les phases des projets (annexe 1). Il étudie l'activité des opérateurs en situation existante ou de référence avant transformation (diagnostic) et projette leur activité future (pronostic). Il en dégage des spécifications de conception et accompagne le projet pour instruire l'évaluation des conséquences des choix des concepteurs comme des gestionnaires des projets, de façon systématique, du point de vue du travail réel et de l'usage futur des installations (en termes d'utilité, d'utilisabilité et d'appropriabilité).

La section suivante montre que ce point de vue des ergonomes est susceptible de rejoindre les préoccupations des principaux intéressés : les gestionnaires d'entreprise et de projet de même que les concepteurs eux-mêmes.

1.2 Les situations de travail comme enjeu des projets d'ingénierie

Les situations de travail générées par les projets de conception représentent un enjeu ne serait-ce que du point de vue légal à la fois pour les ingénieurs et les gestionnaires des projets comme des entreprises. Ainsi, l'article 2.01 du Code de déontologie de l'ingénieur stipule que celui-ci doit respecter ses obligations envers l'être humain et tenir compte des conséquences qu'auront ses travaux sur l'environnement et sur la vie, la santé et la propriété de toute personne. La Loi sur la santé et la sécurité du travail exige quant à elle des employeurs de réduire les dangers à la source au niveau des établissements, de l'organisation du travail (méthodes et techniques), du matériel et des matières dangereuses. Le plan d'action «Sécurité des machines» de la Commission de la santé et de la sécurité du Québec (CSST) de même que de nouvelles obligations prévues au Code criminel canadien renforcent l'imputabilité des ingénieurs et des gestionnaires déjà couverte par ces dispositions, à tel point que l'Ordre des ingénieurs a consacré un numéro de sa revue *Plan* à ces questions en 2006.

En marge de ces obligations légales, les tendances actuelles associées au nouveau modèle manufacturier (production à flux tiré et en petits lots) en général et à la gestion des projets en particulier pressent les ingénieurs, gestionnaires de projet et gestionnaires d'entreprise à harmoniser l'humain et la technique dès le stade de la conception des installations de production.

La Production à Valeur Ajoutée (PVA) et le *Lean Manufacturing* visent en effet l'intégration des gens, des machines, des matériaux et des installations comme moyen de minimiser les gaspillages et d'optimiser les temps de réponse de même que les économies de gammes (Stevenson et Benedetti 2006 ; Womack et Jones 2005). L'ingénierie, comme l'ergonomie, est consciente du fait qu'agir en conception plutôt qu'en correction offre un plus grand potentiel. Le cas de la conception d'une aluminerie québécoise offre un exemple de ce potentiel (Lamonde et coll. 2007). L'intervention d'un ergonome et de deux préventionnistes a permis d'éliminer plus de 2 000 situations dangereuses au stade de l'ingénierie de définition (alors que l'usine n'est encore que sur papier), de réduire le risque associé à près de 500 autres situations dangereuses et de résoudre des problèmes d'usage qui auraient généré de l'inefficacité ; les situations dangereuses résiduelles ont été listées, ce qui a permis de planifier le programme de prévention avant le démarrage de l'usine. Ainsi, une bonne conception évite que des gaspillages et des opérations à non-valeur ajoutée soient à gérer pendant tout le cycle de vie de l'usine et optimise les dernières phases (démarrage et montée en régime nominal) et l'atteinte des objectifs de rentabilité du projet.

En ce qui a trait aux projets de conception en tant que tels, le «*user centered design*» (Haradji et Faveaux 2006), la conception participative (Darses et Falzon 1996 ; Darses 2004) et l'ingénierie simultanée (Bossard 1997 ; Darses et Sauvagnac 1997) soulignent largement l'importance de «penser utilisateurs» et d'opter pour une approche multidisciplinaire en conception : faire travailler ensemble design et production, asseoir autour de la même table les spécialistes des différentes fonctions de l'entreprise et enfin, mobiliser et faire participer les employés.

Comme le dit Vicente (2004 : 297), «la clé d'une belle réussite technologique n'est pas la technologie elle-même, mais son harmonisation avec ceux qu'elle est censée aider». Par delà cet objectif auquel adhèrent tant les ergonomes, que les ingénieurs et gestionnaires, de voir les projets conduits de manière optimale du point de vue des situations de travail, que sait-on des façons de faire effectivement mises en œuvre dans cette optique par les acteurs projet ?

1.3 La place effective des situations de travail en conception

Dans les faits, les situations de travail générées par la conception ne sont pas toujours optimales et ce, qu'il s'agisse de projets avec ou sans implication d'un ergonome (1.3.1). Les recherches et enquêtes menées pour remonter aux causes de tels résultats montrent l'intérêt de mieux comprendre la pratique des ingénieurs concepteurs (1.3.2), en particulier celle déployée dans le cadre de projets conjoints entreprise cliente/firme de génie conseils sans ergonome (1.3.3).

1.3.1 Malgré les outils disponibles, des résultats mitigés

En 20 ans, depuis le premier «mode d'emploi» proposé par Daniellou en 1988, les ergonomes ont largement formalisé les principes et moyens opérationnels d'intervenir tout au long des projets, en support à l'activité des concepteurs. Tel que le montre l'annexe 1, ils consistent à

influencer soit la structuration du projet (dont l'énoncé des objectifs), soit directement les choix de conception. Tous permettent d'optimiser la coopération entre concepteurs et utilisateurs (ex. : Mazeau et coll. 1995 ; Performances humaines et techniques 1999 ; Garrigou et coll. 2001 ; Fadier et coll. 2003; Wolff 2005 ; Lamonde et coll. 2007; De la Garza et Fadier 2007; Fadier et De la Garza 2006 et 2007) à chaque étape des projets en l'articulant autour de la question des situations de travail existantes et de la projection des situations de travail futures.

De leur côté, les ingénieurs disposent d'outils dédiés ou susceptibles de favoriser la prise en compte des situations de travail en cours de conception (ou plus largement des conséquences de leurs choix sur la sécurité et l'efficacité de la production et de la maintenance futures). Parmi eux figurent : 1) les outils de consultation des travailleurs (par exemple, sur des problématiques SST, comme le Hazop, le What if, etc.) ; 2) les outils de consultation, plus généralement, des opérations (par exemple, les équipes de travail, groupes témoins, etc.) ; 3) les outils de projection des opérations futures (par exemple, le 3D, les logiciels de simulation de flux tel Arena) ; 4) et enfin, les outils d'arbitrage entre les besoins des opérations d'une part et les contraintes de projet d'autre part (par exemple, l'analyse de la valeur et l'analyse fonctionnelle).

Enfin, en conception comme en correction, les ergonomes ont appris à doser «expertise» et «transfert de compétences» : pour les projets ou parties de projets pour lesquels ils ne peuvent intervenir comme spécialistes, ils ont développé des outils de sensibilisation et d'intervention à l'intention (entre autres) des ingénieurs afin que ceux-ci prennent au mieux en charge la préoccupation «situation de travail», minimalement sur des problématiques de base. C'est le cas, par exemple, de «la simulation dynamique», un outil d'évaluation des choix de conception qui entre par l'activité des travailleurs plutôt que par le risque (Lamonde et coll. 2002, 2004, 2007 et 2008 ; Bellemare et coll. 2003). Les ergonomes ont en effet multiplié les activités de transfert de leurs connaissances et savoir-faire et la création d'outils d'intervention simples et rapidement utilisables à l'intention des non-ergonomes, dont les ingénieurs.

Malgré cela, les projets ne sont pas toujours optimaux du point de vue de la prise en compte des situations de travail (ex. : Fadier et De la Garza 2006 et 2007; Colmellere 2008). Une enquête réalisée en 2001 auprès d'une centaine d'ingénieurs québécois, à l'initiative de l'OIQ, révèle que ceux-ci éprouvent des difficultés pouvant conduire à la conception de situations à risque : choix de procédés non sécuritaires, manque de connaissance pratique du travail et de l'exploitation, consultation déficiente des opérateurs, difficultés dans l'identification des points faibles d'une solution (ex. : Efor 1999 ; OIQ 2002a ; Picard 2004; OIQ 2006). Des recherches rapportent des projets où, bien que des ergonomes sont impliqués : des risques majeurs ciblés par eux aux premières phases de la conception ne sont pas éliminés par les concepteurs ; le «coffre à outils» des ergonomes n'est pas exploité à son plein potentiel (par exemple, seulement pour des problématiques de sécurité, non d'efficacité) ; certains concepteurs techniques ne font systématiquement pas appel à ces spécialistes (ex. : Lamonde et coll. 2002 ; De la Garza 2005; Daniellou 2006). La question se pose de savoir quels sont les facteurs qui déterminent l'obtention de tels résultats mitigés.

1.3.2 *Des efforts à déployer pour comprendre et influencer la pratique des concepteurs*

La littérature rapporte divers facteurs déterminant l'efficience de la prise en compte des situations de travail en conception. Ils concernent soit la pratique des ergonomes, soit celle des concepteurs, soit enfin celle des gestionnaires, c'est-à-dire ceux qui fixent les conditions de travail des acteurs projet (concepteurs, opérations dont les opérateurs, ergonomes ou autres).

Deux facteurs explicatifs sont en lien avec la pratique des ergonomes. D'abord, ces derniers ont consacré des efforts à harmoniser leur démarche et outils d'intervention au contexte de la conception (Daniellou 2004), par exemple : ils évitent de mettre en place un processus parallèle à celui des concepteurs, se préoccupent tant des enjeux d'efficacité que de sécurité (Lamonde et coll. 2002), ajustent la nature de leurs spécifications (macro, méso et micro) selon les étapes des projets (ex. : Villeneuve 1996 ; Ledoux et coll. 2006) et le langage des concepteurs (ex. : Haradji et Faveux 2006), se servent des outils de communication existants (cahier des charges, comptes rendus de réunion, etc.). Malgré cela, des recherches continuent d'être nécessaires sur l'activité des concepteurs (leurs contraintes, besoins, culture) pour parfaire l'adéquation entre leur réalité et la démarche d'intervention des ergonomes (Garrigou 2003; Lamonde et Darses 2008). Ensuite, la «résistance» des concepteurs à coopérer avec l'ergonome à toutes les étapes des projets, loin d'être de la mauvaise foi, résulterait en partie du fait que l'ergonomie est mal connue : les ingénieurs (comme d'autres professionnels) auraient tendance à l'associer à une technique d'identification des risques SST (notamment des risques liés au travail répétitif et aux troubles musculo-squelettiques) et à l'application de normes anthropométriques d'aménagement de postes «confortables» (Lamonde et coll. 1993, 2001, 2002 ; De la Garza 2005), ce qu'elle n'est pas.

En ce qui a trait à la pratique des ingénieurs, des facteurs de compétence sont principalement mis en cause :

- les représentations sur le travail dont la culture professionnelle en ingénierie est porteuse ;
- leur capacité à juger des limites de leurs connaissances relatives aux situations de travail des opérateurs;
- leur capacité à consulter et interagir efficacement avec les travailleurs pour la conception ;
- leurs compétences éthiques.

Ces particularités de la compétence des ingénieurs nuiraient à la fois à leur propension à coopérer avec des ergonomes et des travailleurs et à prendre en compte rigoureusement les situations de travail. Ainsi, les recherches indiquent que les ingénieurs tendent à concevoir les installations à l'intention d'opérateurs moyens, en fonction d'une logique d'utilisation prescrite, normale et habituelle, ce qui est à l'opposé des notions de «situations de travail» et de variabilité centrales en ergonomie (Garrigou 1992 ; Lamonde 1995 ; Fadier et coll. 2003; De la Garza 2005 ; Le Guilcher 2008). En d'autres termes, les concepteurs auraient une connaissance de l'usage des installations partielles et plus ou moins pertinentes (De la Garza et Fadier 2007). Pas étonnant que, comme le montrent Darses et Wolff (2006), les ingénieurs associent la consultation des travailleurs à des inputs directs sur des données complémentaires, soit leurs besoins réels mais que, en pratique, ils privilégient le recours à leurs propres connaissances du comportement probable des travailleurs plutôt que de coopérer avec eux. Les recherches en éthique abondent dans le même sens. Par exemple au Québec, Racine et coll. (1991), observent que tout en se

sentant concernés par les conséquences de leurs choix pour autrui, les ingénieurs prendraient des décisions fortement influencées par la règle : ainsi, ils laisseraient peu de place au dialogue avec les personnes impliquées (de différents rangs hiérarchiques, positions dans l'entreprise et professions), au détriment de la prise en compte des intérêts des autres et de leur capacité à répondre de leurs décisions devant autrui. Il reste que des ingénieurs coopèrent de manière effective avec les opérateurs. Cependant, ces rencontres sont axées sur la technique et la logique de fonctionnement du dispositif (préoccupations des ingénieurs), sont peu dédiées à l'usage et à la logique d'utilisation (préoccupations des utilisateurs), sont réalisées une fois les fonctionnalités techniques du dispositif définies et donneraient préséance aux intérêts des concepteurs notamment du fait que ceux-ci sont plus au fait de l'état d'avancement du projet que les opérateurs (Garrigou 1992 ; Lamonde 1995 ; Darses et coll. 2001 ; Didelot 2001; Cahour 2002 ; De la Garza 2005; Fadier et De la Garza 2006 et 2007).

Les outils de base de sensibilisation à l'ergonomie et d'intervention, conçus à l'intention des non-ergonomes, supportent en partie la prise en compte des situations de travail mais ne règlent pas tout (St-Vincent et coll. 2000). À la base, «la fusion des spécialités» n'est pas aussi optimale que le travail en interdisciplinarité : il est impossible d'exiger d'une seule et même personne de maîtriser parfaitement plusieurs domaines de compétences et de maintenir le cap et faire le focus sur plusieurs objectifs en parallèle (Gaillard et Lamonde 2000). Ensuite, un double cercle vicieux s'installe lorsque les ergonomes simplifient leurs outils pour faciliter la prise en compte des situations de travail par des non-spécialistes. D'une part, ces derniers développent le sentiment de pouvoir faire de l'ergonomie sans coopérer avec un spécialiste puisqu'il suffit d'appliquer sporadiquement quelques techniques simples. D'autre part, tout un pan de l'efficacité du travail de l'ergonome expert pour optimiser la prise en compte des situations de travail en cours de projet ne peut être traduit dans des outils simplifiés (Lamonde et coll. 2002).

Cela dit, les facteurs liés aux compétences et aux outils des ingénieurs n'expliquent pas tout. Des éléments contextuels pèsent lourdement sur leur pratique, à la fois de coopération (avec d'autres spécialistes ou avec les opérateurs) et de prise en compte des situations de travail. Ainsi, selon l'enquête de l'OIQ, la performance des ingénieurs en gestion de risques serait déterminée par la vision globale qu'ils ont ou non de leur contexte d'intervention et par la culture dominante prévalant au sein de leur entreprise (OIQ 2002a). Plus largement, les recherches en ergonomie, en sociologie et en éthique montrent bien que la pratique des ingénieurs de la conception subit une double influence : 1) directe, celle des conditions d'exécution du travail fixées par le gestionnaire du projet, mais également ceux de l'entreprise au sein duquel est mené ce projet ; 2) indirecte, celle des facteurs culturels (institutionnels dont professionnels, organisationnels et personnels) qui influencent à la fois leur pratique et la gestion des projets et des entreprises.

Au chapitre des éléments de contexte liés au projet et influençant la pratique des concepteurs apparaissent au premier chef les objectifs du projet et, en prolongement, la composition de l'équipe de conception, la programmation des activités, la répartition des budgets entre les acteurs projets et les outils supportant la coopération entre les acteurs de la conception (simulation 3D, spécifications inscrites aux devis généraux et aux cahiers des charges) (Béguin 1997 ; Gaillard et Lamonde 2000 ; Lamonde et coll. 2002 ; Baril-Gingras et coll. 2004 ; Darses et coll. 2004 ; Bellemare et coll. 2005 ; Polanyi et coll. 2005; Fadier et de la Garza 2006 et 2007; Colmellere 2008).

Parmi les éléments de contexte organisationnel touchant plus généralement l'entreprise au sein de laquelle le projet est mené, notons la façon dont elle a historiquement géré l'ergonomie (la culture ergonomique, la place laissée aux experts de ces domaines ou, au contraire, le degré avec lequel on a tablé sur la prise en charge de ces spécialités par les ingénieurs, par les représentants syndicaux, par les travailleurs eux-mêmes, etc.) ; les modes de gestion des innovations (l'existence ou non des normes organisationnelles «maison» en matière de conduite de projet multidisciplinaire, les «habitudes» d'amélioration continue des projets) ; le décloisonnement entre les métiers et les niveaux hiérarchiques (celui observé le temps d'un projet serait influencé par celui déjà effectif au sein de l'entreprise, dans le cadre des opérations quotidiennes) (Lamonde et coll. 2002 ; Baril-Gingras et coll. 2004) ; la mobilisation déjà effective dans les usines en exploitation autour d'objectifs de performance globale (équilibrant efficacité, qualité, productivité, respect de l'intégrité des employés et de la collectivité locale, environnement) dans un contexte de développement durable (laquelle faciliterait la coopération et la prise en compte de critères de conception enrichis dans le cadre des projets).

Enfin, les pratiques des concepteurs et des gestionnaires des projets et des entreprises seraient elles-mêmes concernées par des facteurs institutionnels et de culture professionnelle. Ainsi, des recherches en sociologie ont montré que le déploiement de modèles de conception comme l'ingénierie simultanée, où la coopération conception/opérations est centrale, implique forcément des transformations au niveau organisationnel, mais également au niveau du métier même d'ingénieur (ex. : Bucciarelli 2002 ; Charue-Duboc et Midler 2002 ; Lenfle et Midler 2002). De même, des recherches en émergence menées aux États-Unis et mieux connues sous le terme *Engineering Ethics* soulignent que la prise de décision éthique par l'ingénieur (non pas exclusivement du point de vue d'une rationalité technique ou en termes d'obligations légales et codifiées, mais en étant ouverte sur une perspective plus dialogique) est un objectif dont l'atteinte requiert qu'il soit soutenu à la fois par les organisations et par les institutions (dont les universités et les ordres professionnels).

Ainsi, améliorer la prise en compte des situations de travail dans les projets, avec ou sans ergonome, passe par une meilleure compréhension de la pratique des concepteurs et du rôle déterminant de «leurs ressources», c'est-à-dire leurs compétences d'une part et, d'autre part, leurs conditions d'exécutions du travail aux niveaux organisationnel (du projet et de l'entreprise) et institutionnel. Quelle pratique, plus précisément, devrait retenir l'attention ?

1.3.3 Quelles pratiques des concepteurs privilégier ?

La majorité des projets se fait sans ergonome. Un effet de nombre joue : le Québec comptait en 2008 un ergonome pour plus de quatre cents ingénieurs (131 membres du chapitre québécois de l'Association canadienne d'ergonomie pour 55 366 membres de l'OIQ ; ACE 2009, OIQ 2009a). Les ergonomes ne doivent pas, comme les ingénieurs, être membres de leur association professionnelle pour pratiquer, mais même si tel était le cas, le ratio serait comparable. À cela s'ajoutent, plus fondamentalement, les raisons évoquées à la section précédente. Il va donc de soi que la pratique des ingénieurs œuvrant au sein de projets sans ergonome retienne l'attention.

Cependant, cette pratique couvre une diversité importante. Elle variera par exemple suivant qu'il s'agit de génie d'usine ou de projets de conception, au service d'un équipementier, d'une entreprise manufacturière ou d'une firme de génie conseils. Les projets d'ingénierie menés

conjointement par une firme de génie conseils et une entreprise cliente seront au cœur de la recherche. En effet, de ces projets dépend la conception d'un grand nombre de situations de travail avec des conséquences récurrentes sur les conditions de travail et la santé et la sécurité des travailleurs : au Québec, l'industrie des services aux entreprises, dont le génie conseils, est de plus en plus présente (Gouvernement du Québec 2009). De plus, l'examen de projets en sous-traitance donne accès à la fois à la pratique d'ingénieurs d'entreprise et d'ingénieurs de firmes de génie conseils. De même, les firmes jouent un rôle clé dans l'amélioration continue et la diffusion de pratiques de conception et d'innovation (Gouvernement du Québec 2009). Enfin, les projets menés avec la collaboration d'une firme de génie conseils représentent un défi de coordination conception/opérations particulièrement élevé à relever de sorte que l'étude d'un projet sous-contracté risque de révéler des pratiques novatrices. Or, déjà lors de recherches passées, nous avons fait le choix et démontré l'intérêt d'étudier des pratiques innovantes plutôt que typiques et représentatives de celles qui sont les plus répandues (Lamonde et coll. 2002). En effet, la formalisation de telles pratiques et leur examen à la lumière des connaissances récentes en ingénierie de conception permettent d'identifier les écueils qu'une entreprise aux pratiques plus traditionnelles peut éviter, les «bons coups» qu'elle peut reproduire et, globalement, les moyens d'améliorer ses façons de faire en limitant les essais et erreurs.

1.4 Objet et objectifs de la recherche

Les sections précédentes ont avancé une série d'arguments pratiques et scientifiques montrant que la pratique des ingénieurs concepteurs serait au cœur de l'efficacité de la prise en compte effective des situations de travail dans les projets : par eux-mêmes et en collaboration ou non avec des opérateurs, voire avec des ergonomes spécialistes.

L'objet d'étude de la présente recherche est donc défini comme suit : *la pratique des ingénieurs intervenant dans les projets de conception d'installations de production et ayant, dans ce contexte, à optimiser (du point de vue de l'efficacité et de la sécurité) les situations de travail des opérateurs (de production et de maintenance) générées par les dispositifs qu'ils conçoivent* ; le cas de la pratique déployée dans le cadre de projets d'ingénierie menés sans ergonome et conjointement par une firme de génie conseils et une entreprise cliente (ou donneur d'ouvrage), donnant ainsi accès à la pratique d'ingénieurs des deux types d'organisations, retiendra particulièrement l'attention.

L'objectif de l'étude de cette pratique est de dégager une meilleure connaissance des facteurs favorables et défavorables à la prise en compte optimale, par les ingénieurs, de l'efficacité et de la sécurité du travail futur d'opération et de maintenance des systèmes de production qu'ils conçoivent.

Les retombées attendues de la recherche sont de dégager des pistes d'action pour supporter la prise en compte des situations de travail des opérateurs de la production et de la maintenance lors des projets de conception de nouvelles installations de production. Ces pistes d'action viseront les leviers individuels, organisationnels et institutionnels. La section suivante expose la méthodologie mise en œuvre.

2. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La section 1 identifie les difficultés et les solutions avancées à ce jour pour optimiser la prise en compte des situations de travail dans les projets de conception d'installations de production. L'examen de cette «problématique technologique» (au sens défini par Theureau, Jeffroy et coll. 1994) justifie de se pencher sur la pratique de l'ingénieur. Il convient dès lors de préciser cette épreuve scientifique à surmonter. Les fondements théoriques de l'étude de cette pratique conduisent à définir un canevas général de recherche articulant trois approches (section 2.1). Il s'agit d'une étude exploratoire sur le contexte institutionnel qui cadre la pratique du génie au Québec, d'une étude de cas interdisciplinaire et de dispositifs variés de généralisation/validation des résultats de ces études (section 2.2).

2.1 Fondements théoriques et canevas général de la recherche

La recherche s'inscrit dans la lignée des études scientifiques qui, pour supporter l'efficacité de la pratique de professionnels, produisent des connaissances critiques sur ces pratiques. Cette approche a fait ses preuves dans des disciplines variées dont le design industriel (ex. : Lebahar 1996), l'informatique (ex. : Burkhardt et Détienne 1995), l'ingénierie (ex. : Schön 1983 ; Vinck 1999 ; Darses et coll. 2004 ; Vinck 2005) et l'éducation (ex. : Bourassa et coll. 1999). Elle a également trouvé écho en ergonomie et en prévention (ex. : Ledoux 2003 ; Toulouse et coll. 2004 ; Whysall et coll. 2004 ; Toulouse et coll. 2005 ; Baril-Gingras et coll. 2006 ; Daniellou 2006 ; Ledoux et coll. 2006), en particulier en ce qui a trait à la problématique de l'intégration de ces deux aspects dans les projets de conception technique (ex. : Bellemare et coll. 2003 et 2005 ; Haradji et Faveaux 2006 ; Ledoux et coll. 2006).

Nos propres travaux ont contribué, depuis une dizaine d'années, à produire des connaissances sur la pratique d'ergonomes et de préventionnistes intervenant en correction et en conception (ex. : Lamonde 2000 ; Lamonde et coll. 2002 et 2007; Viau-Guay et coll. 2004; Viau-Guay et coll. 2008). Plus spécifiquement, ils consistent à appliquer à ces professionnels «la médecine» de l'ergonomie en analysant leur situation de travail (déjà illustrée, figure 1.2), un procédé également à la base de la présente recherche sur la pratique des ingénieurs.

Pour disposer de bases scientifiques rigoureuses, nous avons respecté un ordre de raison entre ontologie, théorie et méthodologie. En effet, une revue de littérature sur la pratique des ingénieurs et autres acteurs de la conception (au-delà de celle centrée sur la problématique spécifique de la prise en compte des situations de travail telle la section 1), réalisée à la phase de la définition du protocole (avant 2006), a permis de cibler les phénomènes qui caractérisent cette pratique; ils sont synthétisés en encadré 2.1 (la revue de la littérature complète et les phénomènes qui caractérisent la pratique détaillés sont fournis en annexe 2). Elle rassemble des écrits scientifiques issus principalement de l'ergonomie et de la cognition (ex. : Brassac et Grégori 2003, Schön, 1983), de l'éthique (ex. : Racine et coll. 1991, Legault 1999, Morel 2004) et de la sociologie (ex. : Hatchuel 1996, Charue-Duboc et Midler 2002, De Terssac 2003, Segrestin 2004 et Vinck 2005). Les phénomènes dégagés en encadré 2.1 tiennent lieu de «description provisoire» (expression plus appropriée que «hypothèse» en recherche qualitative) qu'il ne s'agit pas de valider ou d'invalider mais d'enrichir. De même, ils constituent un guide pour le choix des théories pertinentes et, en prolongement, des principes et des méthodes de recueil et d'analyse des données, cohérentes avec ces théories, à privilégier.

Encadré 2.1 : Énoncés provisoires sur la nature de la pratique de l'ingénieur et les principes de son étude (synthèse)

1) La pratique de l'ingénieur met en jeu une **activité cognitive**, c'est-à-dire une activité qui est à la fois **l'expression de savoirs et l'occasion d'une construction de savoirs**, appréhendée **sans isoler la résolution de problèmes pratiques, l'activité collaborative et la résolution de dilemmes moraux**. En effet, l'ingénieur ne travaille pas de manière isolée : sa pratique est orientée vers et peut être influencée par autrui. Cependant, son travail requiert de naviguer constamment entre travail individuel et coopération, entre travail technique et prise en compte des conséquences pour autrui. Les valeurs mêmes de l'ingénieur interviennent dans le mode de gestion de ces choix, valeurs qui sont souvent à la fois implicites et parfois problématiques et contradictoires au point de générer un dilemme moral.
2) L'activité cognitive de l'ingénieur est relative à l'ingénieur lui-même : **c'est lui qui donne un sens à ce qu'il fait** pour intervenir (sa tâche et sa culture ne lui sont pas données).
3) L'activité cognitive de l'ingénieur est en tout temps **liée aux circonstances particulières qui se présentent à lui et qui sont construites par lui**. Ces circonstances concernent **son état** (ses ressources individuelles telles sa formation et son expérience), **sa tâche** (ses ressources organisationnelles dont celles mises en place par la gestion du projet et la gestion de l'entreprise, elles-mêmes influencées par les lois du marché) et **sa culture** (ses ressources professionnelles dont les valeurs de la profession et les prescriptions légales qui cadrent son exercice).
4) En ce qui a trait aux effets de l'activité cognitive de l'ingénieur sur sa tâche (énoncé 3), ces effets concernent autant **la démarche de conception** (les ressources organisationnelles, dont la production de mécanismes collectifs de coopération) que **les choix de conception** (la solution technique).
5) La pratique de l'ingénieur doit être **étudiée en situation naturelle**, sur le terrain, par un analyste extérieur, préférablement en temps réel.

Le canevas général de la recherche (figure 2.1) et les spécifications de réalisation qui suivent ont été retenus pour leur capacité à rendre compte des phénomènes généraux énoncés en encadré 2.1. Fondamentalement, la recherche articule deux approches complémentaires :

- Une étude des conditions d'exécution du travail cadrant la pratique de l'ingénieur, mises en place par des acteurs institutionnels (ou supra organisationnels) tels l'OIQ et la CSST (phase 1). Concrètement, un bilan des prescriptions légales (formulées par le Législateur et l'OIQ) et de celles transmises par la formation initiale de l'ingénieur a été réalisé.
- Une étude de cas examinant en profondeur les conditions d'exécution du travail de l'ingénieur mises en place par les acteurs organisationnels (gestionnaires d'entreprise et de projet) de même que l'interaction entre ces conditions d'exécution du travail, la pratique de l'ingénieur et ses effets (phase 2).

L'examen du contexte institutionnel de la pratique du génie au Québec vise à enrichir la compréhension des facteurs favorables ou non à la prise en compte des situations de travail par les ingénieurs mis en évidence par l'étude de cas (figure 2.1, flèches vertes). En effet, des prescriptions institutionnelles et organisationnelles agissent en continuité et en interaction comme déterminants de la pratique de l'ingénieur (énoncés 1 et 3). En prolongement, les pistes d'action qui pourront être ciblées à l'issue de la recherche (flèches rouges) seront à la fois organisationnelles (agir tant sur la pratique des concepteurs que sur celle des gestionnaires qui fixent les conditions d'exécution du travail des concepteurs) et institutionnelles.

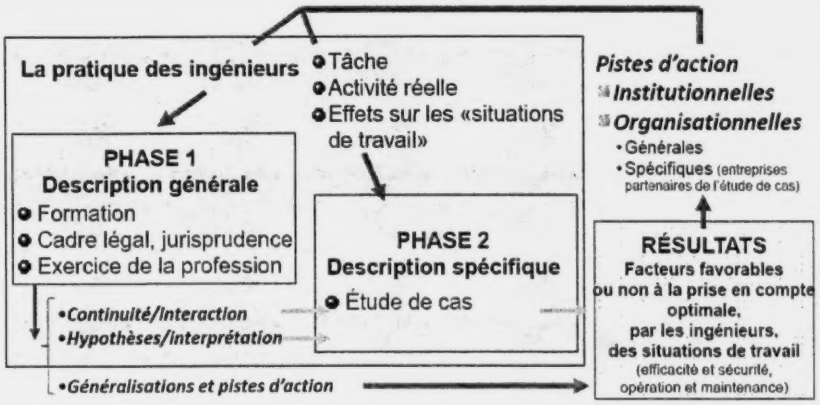


Figure 2.1 : Canevas général de la recherche

L'examen des conditions d'exécution du travail aux deux niveaux, institutionnel et organisationnel, a été réalisé de manière à documenter à la fois «le prescrit» et le «construit par l'ingénieur» (énoncés 3 et 4) :

- à la phase 1, un bilan des initiatives en cours ou envisagées par les acteurs institutionnels pour infléchir la pratique des ingénieurs déjà en exercice a été effectué. Ainsi, les pistes d'action institutionnelles dégagées par la recherche pourront être arrimées aux efforts déjà investis par ces acteurs (tels l'OIQ, la CSST, les universités, l'OPQ, etc.);
- au niveau de l'étude de cas, une approche éthique et sociologique a été mise en place pour documenter les valeurs (personnelles, professionnelles et organisationnelles) de même que les règles collectives qui guident la pratique réelle de l'ingénieur (énoncés 3 et 4).

Plus spécifiquement, l'approche éthique s'inscrit dans le courant théorique de la délibération éthique (voir annexe 2). Elle examine, dans un premier temps, la présence ou non d'une sensibilité éthique et, dans un deuxième temps, l'instauration d'une réflexion éthique qui, lorsqu'elle est en action, éveille à la responsabilité. Ici, la notion de responsabilité est entendue au sens d'obligation (ou nécessité morale) de répondre de ses actions ou de celles des autres, de s'en porter garant devant une autorité et d'accepter (pour l'ingénieur) de supporter les conséquences de ses actes. Intimement liée à la notion de liberté en tant que principe d'action, l'ingénieur n'est libre que s'il assume les conséquences de ses actes. La réflexion éthique peut s'enraciner notamment selon l'a.2.01 du Code de déontologie des ingénieurs, suite à une prise de conscience de situations pouvant créer un dilemme moral (où les valeurs de l'ingénieur entrent en contradiction) ou par la volonté d'établir un dialogue visant à clarifier les valeurs en conflits pour mieux résoudre le dilemme moral de manière optimale. L'approche sociologique privilégiée, quant à elle, s'inscrit dans la tradition de la microsociologie des organisations et de l'ethnographie (voir annexe 2). En analysant les logiques des acteurs, elle permet de dégager les règles collectives, formelles et informelles, qui se manifestent et se construisent à l'occasion de la conception.

La partie 3 du présent rapport synthétise les résultats de ces études des conditions d'exécution du travail *prescrites* (ce qui est attendu explicitement des acteurs institutionnels et organisationnels) et *comprises* (ce qui est redéfini par ces mêmes acteurs) (Falzon 2004).

L'examen de l'interaction entre les conditions d'exécution du travail, la pratique de l'ingénieur et ses effets (étude de cas) repose quant à lui sur une analyse rigoureuse de l'activité cognitive de l'ingénieur. Cette analyse s'inscrit dans le courant théorique de l'action située et repose sur la mise en œuvre du cadre sémiologique du cours d'action (énoncés 1 à 5). La notion de «cours d'action» réfère à : «l'activité d'un acteur dans un état déterminé, engagé activement dans un environnement physique et social déterminé et appartenant à une culture déterminée, qui est significative pour l'acteur, ou encore montrable, racontable et commentable par lui à tout instant de son déroulement à un observateur-interlocuteur moyennant des conditions favorables» (Theureau, 2006 :46). L'analyse du cours d'action de l'ingénieur comporte une dimension intrinsèque (qui réfère au vécu de l'acteur et la signification qu'a pour lui son activité) et extrinsèque (qui réfère à ce qui lie ce vécu intrinsèque aux conditions de réalisation de l'activité et à ses effets). Cette analyse donne donc accès à la dimension sociale et aux valeurs caractérisant cette pratique professionnelle (Brassac et Grégori, 2003). La partie 4 du présent rapport synthétise les résultats de cette étude en dégageant, à l'intérieur de chaque section, la description intrinsèque puis extrinsèque de l'activité cognitive de l'ingénieur. Au niveau de la description extrinsèque, priorité est donnée aux liens entre conditions d'exécution du travail, activité et effets liés à la prise en compte des situations de travail des opérateurs.

Comme on le comprend, les cadres théoriques sur lesquels se fondent les analyses cognitive, éthique et sociologique conduisent tous à opter pour des principes et méthodes de recueil et d'analyse des données centrés sur la pratique de l'ingénieur analysée de leur point de vue (énoncé 2). Ainsi, le titre du présent rapport aurait tout aussi bien pu référer «aux» pratiques de l'ingénieur. De même, la pratique de l'ingénieur est donc abordée tant dans la section 3.3 (sur «la tâche comprise au niveau organisationnel» mise en évidence par les analyses éthique et sociologique) que la section 4 du rapport (sur l'activité cognitive étudiée en temps réel).

Enfin, les effets de la pratique de l'ingénieur ont été examinés en documentant les productions de l'ingénieur en termes de situations de travail (avant-après), mais également en termes d'interactions sociales générées (énoncés 3 et 4). Les analyses cognitive, sociologique et éthique, toutes centrées prioritairement (bien que non exclusivement dans le cas de l'éthique et de la sociologie) sur la pratique de l'ingénieur, ont permis de documenter ces effets de son point de vue. Le protocole de recherche a prévu un recueil de données complémentaires visant à documenter ces mêmes effets du point de vue «des clients des concepteurs» : les acteurs projet impliqués dans les phases aval de la conception (ingénierie détaillée, mise en service/essais et démarrage) de même que les «ressources opérations». Ces dernières sont les gestionnaires, les ingénieurs, les superviseurs, les contremaîtres, les opérateurs de la production et de la maintenance et les spécialistes divers (prévention, environnement, etc.) impliqués dans les projets pour donner leur avis lors de points de rencontres prévus au calendrier de conception.

En terminant, un recueil de données par questionnaire électronique auprès de 40 ingénieurs et en relation avec 40 projets d'innovation a permis d'enrichir les données tant de la phase 1 que de l'étude de cas; nous y revenons plus loin.

Tel que mentionné, les phénomènes caractérisant la pratique des ingénieurs listés en encadré 2.1 ont été identifiés par l'addition de résultats de recherches issues de l'ergonomie, de la cognition, de l'éthique et de la sociologie. Cependant, aucune de ces recherches sur la pratique du génie n'a documenté celle-ci en abordant ces différentes dimensions de manière intégrée. La présente

recherche a été menée de manière à dépasser cette lacune et ce, en ayant recours au principe de la triangulation : «une stratégie (...) au cours de laquelle le chercheur superpose et combine plusieurs techniques de recueil de données afin de compenser le biais inhérent à chacune d'elles. La stratégie permet également de vérifier la justesse et la stabilité des résultats produits» (Mucchielli 2004 : 289). Concrètement, la recherche a mis à profit des spécialistes de disciplines variées : ergonomie, droit et ingénierie (phase 1); ergonomie, anthropologie cognitive, éthique, microsociologie des organisations (étude de cas). Dans tous les cas, les chercheurs avaient un statut d'observateur extérieur (énoncé 5), non d'acteurs de la conception.

2.2 Principes et méthodes de recueil et d'analyse des données

La recherche s'est étendue sur trois ans (2006-2008). Globalement, l'année 2006 a été consacrée à la phase 1 (section 2.2.1), l'étude de cas chevauche les années 2006 à 2008 (section 2.2.2) et enfin, certaines activités de généralisation/validation (section 2.2.3) se sont étendues sur toute la durée de la recherche alors que d'autres ont été réalisées en deuxième moitié de 2008.

2.2.1 Étude du contexte institutionnel cadrant la pratique du génie de conception (phase 1)

Cette première phase repose sur un devis de recherche de type «exploratoire» au sens où «elle constitue une étape préalable à une autre recherche» (Trudel et coll. 2007), notamment l'étude de cas. Tel que mentionné, un bilan de trois types de prescriptions institutionnelles (et professionnelles) pertinentes par rapport à la problématique a été réalisé.

D'abord, **au niveau légal**, l'équipe de recherche s'est adjoint les services de deux spécialistes en droit pour examiner : **1)** les obligations des ingénieurs en lien avec la prise en compte des situations de travail en conception apparaissant dans les documents cités par les tribunaux (la doctrine), les lois et règlements – *Loi sur les ingénieurs (L.s.i.)*, *Code de déontologie des ingénieurs (C.d.i.)*, *Code des professions (C.p.)*, *Loi sur la santé et la sécurité du travail (L.s.s.t.), ses règlements et le Code de sécurité pour les travaux de construction, Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (L.a.t.m.p.)*, *Code civil du Québec (C.c.Q.)*, *Loi sur la sécurité civil (L.s.c.)*, *Charte des droits et libertés de la personne* et *Code criminel (C.cr.)* –, les normes internes (le guide de pratique professionnelle de l'OIQ) et les normes externes (telles les normes ISO) ; **2)** la jurisprudence où la responsabilité d'ingénieurs en cette matière est impliquée, afin de répertorier les éléments de défense invoqués, sachant que ceux-ci sont des traces de la pratique du génie de conception de même que des déterminants (notamment organisationnels, de compétences, etc.) de cette pratique. Deux-cent-cinquante (250) décisions jurisprudentielles ont été consultées (émanant de la C.S.C., de la C.A., de la C.S., de la C.Q., des tribunaux administratifs et des comités disciplinaires) dont 46 jugées pertinentes à l'étude.

Ensuite, l'équipe de recherche s'est adjoint les services d'une ingénieure afin de réaliser un bilan de **la formation initiale en génie** en examinant : **1)** la littérature scientifique sur la «formation humaine» des futurs ingénieurs (en quoi elle pose problème, les compétences à développer, etc.), au Québec comme ailleurs; **2)** les enquêtes réalisées au Québec sur la formation initiale des ingénieurs ; **3)** les activités pédagogiques pouvant contribuer à l'acquisition de compétences en lien avec la prise en compte de l'humain en conception (cours techniques et non techniques, mais également stages, ateliers, laboratoires, projets synthèses et activités para universitaires) insérées

dans les programmes de 1er cycle en génie dispensés dans les 11 facultés et écoles de génie du Québec de même que les facteurs qui conditionnent la conception des programmes et le matériel éducationnel. Ces dernières données reposent à la fois sur des analyses documentaires (sites web, syllabus et autres documents transmis par les institutions d'enseignement sur les programmes) et des entretiens semi-dirigés d'environ 1½ heure auprès de directeurs d'école, de département, de programme, d'affaires académiques ou de l'enseignement et de la formation, de même qu'auprès de professeurs (10 personnes rencontrées provenant de 6 des 11 institutions d'enseignement).

Enfin, un bilan des **initiatives pour influencer la pratique des ingénieurs déjà en exercice** (formations continues, informations, publications, règles de l'art, définition du champ de pratique, etc.) a été effectué. Le recueil des données repose sur des analyses documentaires de même que sur des entretiens avec nos partenaires (l'OIQ, la CSST, l'AICQ), des représentants des Universités (à l'occasion des entretiens mentionnés supra) et de l'OPQ.

2.2.2 *Étude de la pratique de l'ingénieur en situation réelle de conception (phase 2)*

L'étude de cas a consisté à suivre un projet de conception de grande envergure, en ciblant un secteur particulièrement à enjeux du point de vue de l'organisation du travail (voir les détails à la section 3.2). Elle repose sur quatre étapes non strictement séquentielles : **1)** la fixation des termes de la collaboration avec les entreprises participantes (retombées attendues, choix du projet suivi, confidentialité, etc.; juillet à octobre 2006.); **2)** la familiarisation (octobre 2006 à avril 2007); **3)** le recueil de données systématiques (mai à septembre 2007) ; et **4)** l'analyse, la validation et le rendu de résultats (principalement de octobre 2007 à décembre 2008).

La **phase de familiarisation** a consisté en une visite de site et 17½ heures d'entretien, dont 10½ heures avec des ingénieurs concepteurs et 7 heures avec des ingénieurs gestionnaires impliqués dans le projet. Les informations recueillies ont permis d'aborder deux catégories de thèmes :

- le fonctionnement général des deux entreprises, incluant le fonctionnement des services techniques (indicateurs de performances, effectifs, profil recherché chez les gestionnaires de projets, etc.) qui, au sein du donneur d'ouvrage, gèrent à la fois les projets majeurs (comme celui suivi) et le soutien aux usines (les projets d'amélioration continue des installations);
- le fonctionnement spécifique du projet suivi, notamment son organisation formelle (objectifs, étapes, organigramme, etc.), le travail réel d'élaboration des scénarios d'aménagement réalisé avant l'arrivée des chercheurs (à l'ingénierie conceptuelle et au début de l'ingénierie préliminaire), les installations de production existantes (procédé, production) et les modalités prescrites de coopération entre l'équipe projet et les opérations.

C'est ainsi que les chercheurs ont été mis au fait de la variabilité des acteurs impliqués dans le projet, une information qui a ensuite été déterminante dans l'établissement d'une méthodologie permettant de recueillir des données en tenant compte de cette variabilité. En effet, le projet suivi offrait la possibilité de documenter la pratique de deux grandes catégories d'acteurs : 1) ceux de la firme de génie conseil (25 impliqués dans le secteur suivi – cf. section 3.2 – dont 24 ingénieurs et 1 architecte); ceux du donneur d'ouvrage (28). Du côté du donneur d'ouvrage, 3 sont impliqués dans l'équipe projet; les autres sont «des ressources opérations», soit tel que défini plus haut, des gestionnaires de la production (certains étant ingénieurs), des ingénieurs faisant du

soutien aux usines, des superviseurs, des contremaîtres, des opérateurs de la production et de la maintenance et des spécialistes divers (prévention, environnement, formation, etc.) impliqués pour donner leur avis à l'équipe projet lors de points de rencontres prévus au calendrier de conception. Ainsi, les ingénieurs impliqués (25 de la firme, 12 du donneur d'ouvrage) étaient soit des membres de l'équipe projet, soit des «ressources opérations». Dans tous les cas, il pouvait s'agir soit d'ingénieurs affectés à des projets majeurs, soit d'ingénieurs normalement affectés à des projets de soutien aux usines ou à la production. Dans le cadre du projet, le travail de ces ingénieurs a consisté, selon les cas, à faire de la gestion ou de la conception en tant que telle, de l'acquisition d'installations nouvelles ou de la correction aux installations existantes.

La **phase de recueil de données systématiques** est détaillée ci-après pour chacun des quatre volets de l'étude de cas; le tableau synthèse no 2.2.2 rend compte des données recueillies et cartographie les acteurs projet rencontrés. Les divers volets de la recherche ont été articulés de manière à couvrir toutes les étapes du projet d'une part et à maximiser le nombre d'acteurs rencontrés au moins une fois pour l'un ou l'autre des volets d'autre part. Durant l'étude, 12 personnes de la firme de génie conseil (sur 25) et 16 du donneur d'ouvrage (sur 28) impliquées dans le secteur ciblé ont été rencontrées et/ou observées seules ou en groupe, ce qui représente 53% des acteurs projets, toutes catégories confondues.

Tableau 2.2.2 : Synthèse des données recueillies et cartographie des acteurs projets rencontrés

Volet (acteurs)	Recueil - individuel		Recueil - groupes		Autres
	Observations	Entretiens	Observations	Entretiens	
Ergonomie (3 ingénieurs : 1 firme, 2 donneur d'ouvrage)	Reconstitutions (3 ans) et suivi en temps réel (10 semaines)	17 verbalisations (auto-confrontation) (23 heures)	16 réunions (gestion, conception, etc.) (20½ heures)	-	Données éthiques
Éthique (10 acteurs firme, 10 donneur d'ouvrage)	-	20 entretiens (22½ heures d'entretien, 22½ de validation)	-	-	Données sociologiques
Sociologie (7 acteurs firme, 6 donneur d'ouvrage)	-	6 entretiens (10 heures)	-	2 entretiens (7 et 4 personnes) (4 heures)	Analyses documentaires, données des 3 autres volets
Effets (1 acteur firme, 13 donneur d'ouvrage)	-	12 entretiens (14 heures)	8 réunions (mise en service et formation) (10 heures)	1 entretien (2 opérateurs) (1 heure)	Visite de site, données des 3 autres volets
Total	3ans dont 10 semaines en temps réel	55 entretiens (92 heures)	24 réunions (30½ heures)	3 entretiens (5 heures)	

L'analyse de l'**activité cognitive** des ingénieurs repose sur le suivi rigoureux et en continu des actions et communications de trois ingénieurs. Ces trois ingénieurs sont issues des trois structures organisationnelles impliquées dans le projet : la firme de même que le département «projets majeurs» et les opérations du donneur d'ouvrage. Chacun cumulait, dans le projet, des tâches de conception et de coordination de la conception (au niveau d'un secteur, comme gardien des objectifs opérationnels du projet ou comme gardien de l'efficacité de la consultation des

opérations). Des données d'observation qui ont servi de base à des verbalisations en autoconfrontation ont été recueillies en temps réel et *a posteriori*. La fin de l'ingénierie de base, l'ingénierie détaillée, la construction et la mise en service ont été suivies en temps réel pendant 10 semaines au cours desquelles les données d'observation ont été recueillies de deux manières : 1) les ingénieurs ont été invités à garder des traces de leurs actions et de leurs communications dans leur agenda; 2) pendant cette même période, la chercheure a assisté à 16 réunions (de gestion, de conception, SSHE, de coordination avec les entrepreneurs) auxquelles participaient un, deux ou trois des ingénieurs suivis (20½ heures d'observation). Des traces de leur activité antérieure, à l'ingénierie conceptuelle et au début de l'ingénierie de base ont quant à elles été reconstituées *a posteriori* sur la base d'entretiens et d'analyses documentaires; certaines ont été reconstituées au cours du suivi des phases aval en temps réel, l'ingénieur y faisant référence au travers ses verbalisations. Dans le cas des phases suivies en temps réel, des séances d'autoconfrontation ont été tenues aux deux semaines. Au total, 17 entretiens individuels en autoconfrontion d'une durée variant entre 30 minutes et 2½ heures ont été réalisés (23 heures d'entretien en autoconfrontation au total); ces verbalisations ont été enregistrées et transcrites (verbatim). L'analyse des données a consisté à réaliser des protocoles mettant en parallèle temps, observations, verbalisations et analyses des composantes du signe hexadique, comme il est d'usage de le faire dans le cadre d'analyses d'activités fondées sur le cadre sémiologique du cours d'action (voir les détails de ces composantes et un exemple de protocole en annexe 3.1). A la suite de quoi, une approche modélisatrice a été mise en œuvre à partir des composantes du signe hexadique du cours d'action. Cette approche modélisatrice, parce qu'elle requiert une démarche de recueil et d'analyse des données très intensive de même que des données riches et en continue sur toute la durée de l'activité de l'ingénieur, a été couplée d'une analyse dite «compréhensive». Les propositions théoriques du cours d'action sont alors utilisées comme « matrice de questionnement plus général » des données. Au total, l'analyse a permis de décrire la structure de l'engagement de l'ingénieur dans la situation (ce qui le préoccupe, comment ces préoccupations évoluent selon le contexte), les anticipations/projections, de même que les savoirs convoqués en lien avec ces engagements et anticipations/projections.

Les données de l'analyse éthique (cf. détails ci-après) ont été considérées en complémentarité : il s'agit en effet d'une reconstitution de processus décisionnels mis en œuvre dans un cas spécifique où l'ingénieur vivait un dilemme moral (valeurs contradictoires en cause).

Pour le recueil de données de l'**analyse étique**, 20 entretiens individuels ont été réalisés : 10 personnes du donneur d'ouvrage, 10 de la firme-conseils; 17 ingénieurs (concepteurs, ayant des tâches de gestion en lien avec la conception et la construction ou impliqués comme ressources opérations dans le projet), 3 non-ingénieurs (1 architecte, 1 ancien superviseur aux opérations, 1 formateur); 3 femmes et 17 hommes. Ces entretiens semi-dirigés consistaient à décrire un dilemme éthique vécu par l'interlocuteur préférablement en cours de projet ou, sinon, en marge du projet (voire lors d'un travail pour un autre employeur que les deux entreprises impliquées dans l'étude de cas). L'entretien se déroulait en 4 temps (voir annexe 3.2) : 1) informations générales (fonction occupée, parcours professionnel, formation initiale) ; 2) description factuelle et chronologique du dilemme éthique ; 3) description du processus décisionnel utilisé pour résoudre le dilemme; 4) retour sur la situation et apprentissage éthique en découlant. Chaque entretien, d'une durée variant entre 1 et 1½ heure, était enregistré et transcrit (verbatim) pour un total de 22½ heures d'entretien. Chaque interlocuteur a été invité à valider cette transcription, ce qui demandait une implication variant entre ¾ et 1½ heure (environ 22½ heures de validation).

cette transcription, ce qui demandait une implication variant entre ¾ et 1½ heure (environ 22½ heures de validation). L'analyse de ces entretiens visait à mettre en lumière la présence ou non de la sensibilité éthique, les valeurs personnelles de l'individu en confrontation et le processus de résolution du dilemme. Une analyse faite en interdisciplinarité avec le chercheur en charge du volet sociologique de la recherche (voir ci-après) a également été effectuée de manière à examiner le fonctionnement réel des organisations par rapport aux règles formelles ou au travail prescrit.

L'**analyse sociologique** repose quant à elle sur : 1) un recueil de données dédié aux règles formelles et informelles de gestion (gestion de projet et gestion des deux entreprises) ; 2) l'analyse de l'ensemble du corpus de données recueilli par ailleurs par les volets cognitif, éthique et ergonomique (examen des effets de la pratique des concepteurs décrit ci-après). En ce qui a trait au recueil de données organisationnelles spécifiques, il a consisté en :

- des analyses documentaires (organigrammes, comptes rendus de réunion de projet, etc.);
- 6 entretiens avec des gestionnaires du projet des deux organisations au cours desquels ont pu être abordées la structuration générale du projet et celle, plus spécifique, des rencontres entre l'équipe de conception et les ressources opérations (10 heures);
- 2 entretiens de groupe enregistrés et transcrits (verbatim) avec des acteurs projets, ingénieurs ou non, soit un entretien avec des acteurs des deux entreprises, dédié au fonctionnement des équipes de travail (7 personnes, 2 heures) et un entretien avec des acteurs de la firme de génie conseils, dédié à l'interface entre le fonctionnement par projet et l'organisation fonctionnelle au sein de la firme de même qu'à l'interface entre ce fonctionnement par projet et le donneur d'ouvrage (4 personnes, 2 heures).

L'analyse de ces données a consisté à dégager les déterminants organisationnels de la pratique des acteurs projet : les *déterminants structurels*, soit ceux qui conditionnent la pratique des gestionnaires du projet de telle façon que les conditions réelles de travail qu'ils mettent en place pour les acteurs projet ne sont pas exactement conformes aux procédures et règles écrites sur papier; les *déterminants conjoncturels,* soit ceux qui agissent directement sur la pratique des acteurs projet. Ces déterminants conjoncturels peuvent être des règles formelles comme des règles informelles, celles qui cadrent la gestion du projet de conception comme celles qui cadrent la gestion plus générale des entreprises participantes.

Enfin, l'analyse des **effets de l'activité des concepteurs** a visé à documenter le point de vue : 1) des clients des concepteurs sur les situations de travail livrées par eux à l'issue des phases de définition (ingénierie conceptuelle, préliminaire et de base), soit les membres de l'équipe projet impliqués aux phases aval (ingénierie de détail, construction et mise en service) et les ressources opérations; 2) des ressources opérations sur la façon dont elles ont coopéré (ou non) avec l'équipe projet. En ce qui a trait à l'examen des situations de travail, il a été exclu de procéder par une analyse ergonomique avant/après : la recherche ne pouvait couvrir la période post-projet d'exploitation des nouvelles installations de production; il fallait éviter d'influencer la pratique des concepteurs, celle visée par la recherche en étant une de conception sans ergonome. Les données recueillies en lien avec ces phases l'ont été via :

- 1 visite de site supplémentaire à celle réalisée en phase de familiarisation (1 heure);
- 13 entretiens enregistrés et transcrits (verbatim), dont 1 avec deux opérateurs (1 heure) et 12 entretiens individuels avec des clients de la conception, majoritairement des ressources

opérations (formateur, responsable de la réalisation de tests et de la rédaction de méthodes de travail, gestionnaires opérations, superviseurs à la production et à la maintenance) (14 heures);
- l'observation de réunions mettent en présence des acteurs projet impliqués aux phases d'exécution (ingénierie détaillée, coordination de la construction, mise en service) et des ressources opérations, dont 5 réunions portant sur la mise en service (durée de 5½ heures) et 3 réunions sur la formation (4½ heures);
- les autres volets de la recherche, notamment lorsque les acteurs projet rencontrés traitaient des situations de travail générées aux différentes étapes du projet.

Comme on le comprend, le recueil et l'analyse des données ont été conçus de manière à ne pas compartimenter la conception en fonction des disciplines et à permettre des recoupements entre elles, tout en tirant profit au maximum du potentiel d'enrichissement de chacune (voir la colonne «autres» du tableau 2.2.2). Par exemple, le volet cognitif repose aussi sur l'analyse des données éthiques, recueillies en conséquence (en faisant le lien avec le contexte «ici et maintenant»).

2.2.3 *Validation et généralisation*

Deux activités de validation/généralisation ont été dédiées à l'étude de cas ; trois autres concernent la recherche dans son ensemble.

Au niveau de l'étude de cas, un **comité de direction** s'est réuni à trois reprises entre avril 2007 et mars 2009. Constitué de trois responsables du donneur d'ouvrage (le directeur de l'ingénierie, le gestionnaire projets majeurs et le représentant des opérations sur le projet suivi) et d'un de la firme de génie conseils (responsable du secteur correspondant à celui du donneur d'ouvrage) et des chercheurs, il s'est penché sur le dimensionnement de la recherche, la méthodologie et la validation du diagnostic, des pistes d'action et du rapport de recherche (confidentialité). De même, le diagnostic établi à partir du projet suivi a été généralisé par **comparaison avec deux projets de référence** réalisés quelques années plus tôt par le même binôme « donneur d'ouvrage et firme de génie conseils », mais dans un autre secteur de production. Cette validation a pris la forme d'une présentation des principaux résultats de l'étude lors d'une rencontre de 2 heures avec des concepteurs ayant participé à l'un ou l'autre (parfois à plus d'un) des trois projets.

Au niveau de la recherche dans son ensemble, une validation/généralisation des résultats s'est faite via un **questionnaire électronique**. L'objectif était de recueillir des données en lien avec des projets et auprès d'ingénieurs concepteurs plus variés que ceux documentés par l'étude de cas. Les questions (détaillées en annexe 3.3) portent sur trois thématiques :
- le profil général du candidat (spécialité, expérience), incluant la formation en ergonomie effective et souhaitée (des données complémentaires à celles de la phase 1 sur les améliorations souhaitables des compétences des ingénieurs en exercice);
- la structuration d'un projet de conception dans lequel l'ingénieur est intervenu, notamment la définition des objectifs du projet et les activités formelles prévues pour coopérer avec les opérations aux différentes étapes du projet (des données complémentaires à celles de l'étude de cas sur les conditions d'exécution du travail prescrites par le milieu organisationnel);
- la pratique de l'ingénieur aux phases de définition (ingénierie conceptuelle, préliminaire et de base) mise en œuvre dans le cadre du projet de conception décrit à la section précédente (des données complémentaires aux volets sociologique, éthique et cognitif de l'étude de cas).

L'élaboration du questionnaire et le recueil de données ont duré environ 3 mois (automne 2008) et ont été réalisés en cinq temps : 1) des questions ont été rédigées de manière à faire des liens avec les données préalablement recueillies principalement lors de l'étude de cas; 2) une validation auprès de 3 ingénieurs a eu lieu afin de s'assurer que la formulation des questions était claire; 3) une liste d'ingénieurs concepteurs intéressés à remplir le questionnaire a été élaborée en faisant appel aux réseaux des partenaires (ces ingénieurs ont été sollicités par les partenaires et ensuite par les chercheurs afin de valider leur intérêt et les informer des objectifs de la recherche); 4) le questionnaire électronique a été envoyé aux ingénieurs intéressés et une période de 7 jours leur a été laissée pour y répondre; 5) une période de traitement et d'analyse des réponses reçues a été réalisée. Les répondants recherchés devaient être des ingénieurs-concepteurs impliqués dans des projets de conception de systèmes et équipements de production au service de firmes de génie conseils ou d'entreprises de production. A l'issue de l'étape 3, 50 questionnaires ont été envoyés, 40 ingénieurs ont répondu. Il s'agissait : de concepteurs de firmes de génie conseils (23%), d'entreprises de production de biens (60%) et d'équipements (17%) ; de projets conjoints entreprises/firmes de génie conseils (48%) et de projets internes (52%). Le traitement des données a consisté à faire des statistiques descriptives, le nombre de répondants étant trop peu élevé pour faire des statistiques inférentielles. Les résultats de ces analyses sont répartis dans les différentes sections du présent rapport, en lien avec ceux de la phase 1 et de l'étude de cas.

La validation des résultats de l'ensemble de la recherche repose par ailleurs sur la présentation de la méthodologie et des résultats à un **comité de suivi** du projet de recherche constitué des partenaires et de représentants du milieu de la recherche et de l'enseignement. Elle a permis d'enrichir la méthodologie, de valider les conclusions et d'identifier les pistes de valorisation des résultats. Ce comité s'est réuni à l'étape de la rédaction du protocole de recherche (avant 2006), puis à trois reprises en 2006 (à l'issue de la réalisation de la phase 1), en 2007 (à 50% de l'étude de cas) et en 2009 (une fois la recherche entièrement finalisée). Enfin, une dernière validation s'est faite en comparant les résultats et conclusions de la recherche avec la **littérature** scientifique et professionnelle récente sur le sujet.

3. LES CONDITIONS D'EXÉCUTION DU TRAVAIL (OU LA TÂCHE) DES CONCEPTEURS

La présente partie s'intéresse aux conditions de travail des concepteurs, plus particulièrement celles qui fixent à ceux-ci des exigences de prise en compte des conséquences de leurs choix pour les opérateurs de la production et de la maintenance. Il s'agit en d'autres termes de décrire leur tâche avant, en section 4, de décrire leur activité réelle : d'une part, leur tâche prescrite et comprise par les acteurs institutionnels (3.1) puis organisationnels (3.2) et celle documentée par les analyses sociologique et éthique de l'étude de cas (3.3).

3.1 Contexte institutionnel (ou supra organisationnel)

L'analyse du **contexte légal** au sein duquel l'ingénieur exerce sa profession au Québec (détaillée en annexe 4), révèle quatre constats : deux relatifs aux sources juridiques favorables à la prise en compte des situations de travail en conception et deux relatifs aux marges de manœuvre que ces obligations laissent au jugement de l'ingénieur et à la pratique en contexte organisationnel.

Des *dispositions législatives et règlementaires pressent nommément l'ingénieur* à prendre en compte les conséquences de sa pratique pour autrui du point de vue de la sécurité et de la qualité. C'est le cas par exemple des articles 2.01 et 2.02 du *C.d.i.* qui stipulent respectivement que l'ingénieur «dans tous les aspects de son travail, doit respecter ses obligations envers l'homme et tenir compte des conséquences de l'exécution de ses travaux sur l'environnement et sur la vie, la santé et la propriété de toute personne» et «doit appuyer toute mesure susceptible d'améliorer la qualité et la disponibilité de ses services professionnels». Pour aider au respect de l'article 2.01, le Guide de pratique professionnelle édité par l'OIQ indique à la section 3.2.5 (sur la gestion des risques) que l'ingénieur doit prévoir l'utilisation sécuritaire des ouvrages par le personnel qui y sera affecté et s'assurer du respect actuel et futur des conditions limites quant à la capacité et à l'utilisation de l'ouvrage, des dispositions qui convergent avec les visées de l'ergonomie (section 1). Il est à noter, en terminant, que l'obligation de ne pas nuire à autrui est également prévue au *C.p.* (a.39.4) et au *C.c.Q* donc pour tout citoyen (a.1458).

D'autres dispositions cadrent la pratique de l'ingénieur, mais indirectement (non nommément) :

- en référant à l'ingénieur «de par ce qu'il fait». C'est le cas, par exemple, de l'article 63 du *C.d.i.* qui stipule que : «nul ne peut fabriquer, fournir, vendre, louer, distribuer ou installer un produit, un procédé, un équipement, un matériel, un contaminant ou une matière dangereuse à moins que ceux-ci ne soient sécuritaires et conformes aux normes prescrites par règlement» ;
- en pesant sur l'employeur de l'ingénieur. C'est le cas, par exemple, de la *L.s.s.t.* qui rend l'employeur responsable de l'élimination à la source des dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs, et de l'article 1463 du *C.c.Q* relatif à la responsabilité de l'employeur pour la faute de son préposé ayant causé des dommages.

Ce second cas de figure est majeur : plus de 95% des ingénieurs québécois sont salariés (estimé à partir des données de l'OIQ du 19 novembre 2009 indiquant que 79% des ingénieurs travaillent pour des entreprises publiques ou privées, donc sont à 100% salariés, et que 21% travaillent pour des firmes de génie conseils, donc sont en partie salariés, en partie indépendants). Alors que l'article 51 de la *L.s.s.t.* traite de façon large d'établissements, d'organisation du travail, de

méthodes, de techniques et de matériel sécuritaires, les règlements et codes adoptés en vertu de de la *L.s.s.t.* visent, pour la plupart, la correction des telles installations (plutôt que la conception) ou la conception d'installations temporaires, ce qui correspond en contexte de projet à la seule phase «chantier/construction». Concernant les phases en amont, l'article 54 de la *L.s.s.t.* prévoit l'obligation pour l'employeur de déposer les plans et devis à la CSST pour la conception d'un établissement ou la modification d'installations ou d'équipements ; cependant, cet article n'a jamais été relayé par un règlement imposant sa mise en application. En terminant, les dispositions prévues au *C.cr.* depuis mars 2004 éliminent la distinction entre la responsabilité de l'employeur et des salariés ci-haut évoquée puisqu'«est coupable de négligence criminelle quiconque (...) montre une insouciance déréglée ou téméraire à l'égard de la vie ou de la sécurité d'autrui» (a.219).

Cet encadrement juridique de la pratique du génie n'exclut pas que *l'ingénieur exerce un jugement professionnel, y compris sur ses propres compétences*. En effet, les dispositions légales et règlementaires exposées supra, nombreuses, s'accompagnent de l'obligation de respecter «les règles de l'art», «un ensemble de connaissances techniques et de règles de pratiques nécessaires à une application prudente» (Plan 2006 : 32) ; cette obligation vaut pour tout citoyen et est prévue au *C.c.Q* (a.2100). Les règles de l'art incluent un éventail de normes nationales (y compris le Guide de pratique professionnelle édité par l'OIQ) et internationales (telles ISO et CSA) large «qui évolue constamment au gré des recherches et de l'expérience» (Plan 2006 :32). Si bien que l'ingénieur peut ne pas les connaître toutes. Aussi le Code de déontologie stipule-t-il, entre autres, que celui-ci «doit exprimer son avis sur des questions ayant trait à l'ingénierie seulement si cet avis est basé sur des connaissances suffisantes et sur d'honnêtes convictions» (a.2.03) et qu'«avant d'accepter un mandat, l'ingénieur doit tenir compte des limites de ses connaissances et aptitudes et des moyens dont il dispose pour l'exécuter» (a.3.01.01).

Enfin, *la responsabilité de l'ingénieur ne peut être comprise en dehors du contexte de l'exercice de la profession*. De nombreuses dispositions légales prévoient un partage de responsabilités (cas de défaut de sécurité d'un bien meuble, a.1468, a.1469, 1473 et a.1478 *C.c.Q*) ou une responsabilité solidaire ou conjointe entre l'ingénieur, l'architecte, l'entrepreneur et le propriétaire (cas de conception d'immeubles ou d'ouvrages à caractère permanent, a.2118, a.2119 et a.2121 *C.c.Q*). Enfin, l'examen des moyens de défense invoqués afin de faire tomber les recours en responsabilité dans la jurisprudence révèle que le processus décisionnel de l'ingénieur peut être influencé par des particularités : contractuelles (appel d'offre, étendue du mandat) ; du donneur d'ouvrage (implication dans les travaux, renseignements, instructions et moyens fournis, usage) ; de l'organisation (public *vs* privé) ; du projet de conception (échéancier, budget, responsabilité partagée avec d'autres acteurs projet notamment l'exécution fautive des plans) ; de l'expérience de l'ingénieur (connaissance du client, respect des règles de l'art).

L'analyse de la **formation initiale** dispensée aux ingénieurs québécois (annexe 5) révèle que les onze (11) écoles et facultés de génie du Québec ont conscience de l'importance :

- de relayer ces obligations légales, réglementaires et normatives bien qu'aucune ne prétend pouvoir enseigner l'ensemble de celles pertinentes à l'exercice de la profession ;
- de bien préparer au contexte organisationnel de la pratique. À cet égard, elles cherchent à ne pas enfermer l'ingénieur dans un univers purement technique comme le révèlent deux des quatre créneaux qu'elles tendent à couvrir. Ces deux créneaux sont de former des ingénieurs «concepteurs capables de gérer des problèmes d'ingénierie complexes possédant à la fois des

dimensions techniques, sociales et économiques» et «plus humains, conscients de leur rôle et de l'impact de leurs actes sur l'environnement et la société» (les deux autres créneaux étant de former des ingénieurs «gestionnaires» et «d'application technologique aptes à résoudre rapidement des problèmes complexes et à s'intégrer aisément au marché du travail»).

Cependant, la personnalisation des cursus de formation en fonction de tels objectifs est limitée. La conception des programmes de 1ier cycle est normalisée à l'échelle nationale par le BCAPI et la toute première préoccupation des universités, lorsqu'elles conçoivent leurs programmes, est évidemment la rencontre de ces normes afin d'obtenir leur accréditation. De fait, la formation des ingénieurs est relativement homogène et limitée en ce qui a trait au contenu non technique, tant en termes quantitatifs que qualitatifs :

- le pourcentage de crédits obligatoires et optionnels consacrés à la formation non technique est le même (autour de 14%) pour les 4 spécialités représentant 80% des diplômés en génie, soit le génie civil (13,5%), chimique (13,8%), électrique (13,8%) et mécanique (15,3%) (seul le génie industriel se démarque avec 28% de crédits de formation non technique);
- les normes du BCAPI, jumelées aux contraintes de gestion des ressources professorales des universités, favorisent l'enseignement de la matière non technique par des ingénieurs.

Cette tendance à la monodisciplinarité ressort de l'analyse du contenu de la formation non technique des ingénieurs, laquelle montre que cette formation couvre 8 thématiques : 1) la communication orale et écrite; 2) le développement personnel (connaissance de soi, autonomie d'apprentissage, intégration en milieux universitaire et professionnel); 3) la gestion; 4) les affaires (l'entrepreneurship); 5) la méthodologie de conception; 6) les obligations légales de l'ingénieur et les valeurs prônées par leur ordre professionnel; 7) la santé et la sécurité au travail; et enfin, 8) l'exercice de la profession en entreprise (la réalisation de stages et de projets comme stratégie pédagogique). La thématique de la communication orale et écrite ressort, au niveau des entretiens, comme étant «la» compétence humaine à acquérir. L'éthique est principalement enseignée sous le seul angle de la déontologie et de l'identité professionnelle (thématique 6 «obligations légales») et l'ergonomie sous l'angle du courant «human factors» comme technique au service de la santé et de la sécurité au travail (thématique 7 «santé et sécurité»). En ce qui a trait à cette dernière thématique, elle est principalement abordée sous l'angle des normes ou de la sécurité sur les chantiers de construction; certaines universités ne l'abordent qu'au travers la formation de l'étudiant à assurer sa propre sécurité en vue des cours dispensés en laboratoire ou de leur présence en entreprise dans le cadre de ses stages. Enfin, les stages (thématique 8 «exercice de la profession») occupent en moyenne 7% de la formation initiale de l'ingénieur et sont considérés, par les écoles et facultés, comme contributifs aux crédits de formation non technique exigés par le BCAPI. Cependant, les pratiques d'évaluation des stages ne cherchent pas rigoureusement à évaluer et sanctionner l'acquisition de compétences non techniques.

Afin de compléter ces données sur le contexte institutionnel, un bilan des **initiatives visant à influencer la pratique des ingénieurs futurs diplômés et déjà en exercice** (formations continues, informations, publications, règles de l'art, définition du champ de pratique, etc.) a été effectué (annexe 6). Tous les efforts, en cours ou souhaités, répertoriés révèlent qu'il est impératif de développer les compétences de l'ingénieur à relever un triple **défi d'intégration** :

1. l'intégration de ses identités professionnelle et organisationnelle (supporter l'allégeance à l'identité professionnelle, y compris en exerçant en milieu organisationnel, comme salarié) ;

2. l'intégration des disciplines impliquées en conception (supporter les compétences au travail interdisciplinaire, en gestion du changement, de communication et de travail en équipe) ;
3. l'intégration des objectifs de rentabilité, de qualité et de sécurité poursuivis simultanément au travers la conception de dispositifs techniques.

En d'autres termes, toutes les initiatives souhaitées ou effectives identifiées dans le cadre de la recherche pour améliorer les formations initiales et la pratique des ingénieurs déjà en exercice pointent vers la nécessité de développer les compétences de l'ingénieur à intégrer des logiques contradictoires pour aboutir à un travail de qualité (qui dépasse le seul respect des normes et des exigences techniques) et ce, notamment en travaillant davantage en interdisciplinarité. Toutes cadrent avec les visées de l'ergonomie énoncées en section 1.

Or, les initiatives concrètes en ce sens sont peu nombreuses et rarement articulées autour de l'axe « prise en compte des utilisateurs». En effet, la santé/sécurité retient beaucoup l'attention dans une perspective de gestion des risques et de responsabilité professionnelle. Cependant, on vise à «former des supers ingénieurs» à prendre en charge cet aspect plus qu'à collaborer avec les spécialistes. Tout se passe comme si on confondait «être responsable de» et «être capable de». Les efforts déployés pour favoriser la multidisciplinarité visent à supporter essentiellement la collaboration entre ingénieurs de spécialités différentes (génie industriel, mécanique, etc.). Enfin, l'ergonomie, lorsque présente, est considérée être une technique au service de la santé/sécurité, ce qu'elle n'est pas. Sa force se situe plutôt précisément au niveau de son potentiel de contribution aux défis de l'intégration évoqués supra : l'analyse et la projection des situations de travail (existantes et futures) visent fondamentalement à dégager des spécifications de conception au profit de l'efficacité, la santé/sécurité et la qualité du service de conception rendu. L'offre et le besoin d'intégration ne se rencontrent pas (Lamonde et Richard 2009b). Ce constat institutionnel a déjà été réalisé à un niveau organisationnel. En effet, une recherche antérieure sur un projet de conception réalisé en sous-traitance avec, au sein de l'équipe du propriétaire, un ergonome à disposition des concepteurs a montré que : «Tout se passe comme si [les acteurs projet, gestionnaires et concepteurs] voient la nécessité de mieux comprendre l'utilisation des installations existantes pour concevoir [des installations efficaces et sécuritaires] et comme si l'ergonome, de son côté, sait pouvoir avantageusement combler ce besoin. Cependant (...) la rencontre de l'offre et de la demande ne se fait pas» (Lamonde et coll. 2003 : 37).

3.2 Contexte organisationnel (étude de cas)

Les partenaires de l'étude de cas sont deux entreprises multinationales de très grande taille : le propriétaire (ou donneur d'ouvrage) compte, au Québec, 2000 employés répartis dans 5 usines de production; la firme compte quant à elle environ 7000 employés offrant des services-conseils dans des domaines tels l'ingénierie, la construction et la gestion de projet dans différents pays. Les deux entreprises coopèrent depuis plusieurs années à la réalisation tant de projets de conception que de correction (ou d'amélioration continue) dits «de soutien aux usines».

Le projet suivi impliquait des transformations dans 4 des 5 usines du donneur d'ouvrage ; la recherche a été centrée sur un secteur d'une de ces usines, ciblé avec les partenaires du fait qu'il présentait des enjeux majeurs de transformation de l'organisation du travail et que l'ingénierie de définition était encore en cours (cf. les étapes dans le tableau 3.2a). En fait, pour certaines installations de ce secteur, l'ingénierie de base et les phases d'exécution ont été suivies en temps

réel ; pour d'autres, le début de l'ingénierie de base devait être reconstitué *a posteriori* et les phases subséquentes pouvaient être suivies en temps réel. L'ingénierie conceptuelle et préliminaire, réalisée 1½ an avant l'arrivée des chercheurs, devait être documentée *a posteriori*.

Les caractéristiques du projet suivi et des informations sur la gestion d'ensemble des projets sont fournies respectivement dans les tableaux 3.2a et 3.2b de même qu'à l'annexe 6. On constate que les deux entreprises n'impliquent pas, dans leurs projets, d'ergonome ni ne visent nommément la prise en compte des situations de travail en conception. Cependant, elles sont porteuses d'une sensibilité certaine eu égard : 1) à l'efficience des processus de consultation des opérations et d'ingénierie simultanée ; 2) aux résultats de la conception en termes de performance des projets (itérations, respect des délais, etc.) mais également de qualité des installations livrées aux opérations (que l'on souhaite entre autres plus «user friendly»).

L'étude de cas examine un projet qualifié d'«innovant» bien que misant sur l'interdisciplinarité modérément. D'une part, les entreprises partenaires intègrent la santé/sécurité et les besoins des opérations dans les objectifs du projet et les considèrent convergents avec les objectifs d'efficacité. Elles misent sur la consultation des opérations à toutes les étapes du projet, sur des questions opérationnelles (par le biais de l'analyse de la valeur, de l'analyse fonctionnelle et des équipes de travail), de santé/sécurité (par le biais de revues SSHE et Hazop) et d'environnement.

Tableau 3.2a : Fiche technique du projet de conception documenté de manière intensive

Envergure/ nature	Projet d'expansion de la capacité et de développement d'un nouveau procédé, en support à une stratégie de diversification du portefeuille de produits. Plusieurs millions de $C (montant exact non indiqué pour raison de confidentialité).
Durée	Ensemble du projet : 4 ans. Secteur étudié : 1 an.
Mission	«Livrer en toute sécurité et en synergie avec les infrastructures existantes de [donneur d'ouvrage], des installations et procédés robustes qui vont répondre au plan d'affaires de [donneur d'ouvrage] à temps tout en assurant une efficacité monétaire».
Objectifs	1) Rencontrer des objectifs (dans l'ordre de priorité) de coût, de performance (capacité de production par produit) et d'échéancier (chiffres non précisés pour confidentialité). 2) Respecter des principes de développement durable. 3) Livrer des installations en toute sécurité et en synergie avec les infrastructures existantes. 4) Répondre aux besoins des usines. 5) Remplacer du CAPEX par de l'OPEX si le «payback» est de moins de 2 ans.
Ressources	Au plus fort du projet (tous secteurs confondus), environ 70 ingénieurs de la firme, 30 du propriétaire issus des «projets majeurs», du «soutien aux usines» (propriétaire et firme de génie conseils) ou des « opérations» (propriétaire), spécialisés en génie mécanique, de procédé, électrique, tuyauterie, industriel, etc. Autres ressources : architecte, hygiéniste, spécialiste environnement, formateur, superviseurs et opérateurs (entretien et maintenance), gestionnaire aux opérations, contrôleur de projet (voir détails en annexe 6).
Étapes	Phases de définition (ingénierie conceptuelle, préliminaire et de base) et phases d'exécution (ingénierie de détail, construction et mise en service, fermeture du projet).
Conditions contractuelles et de gestion	Le projet est réalisé par une équipe intégrée donneur d'ouvrage – firme en mode « IAGC » (Ingénierie, Approvisionnement, Gestion de la Construction), la firme a donc la responsabilité entière de l'exécution du projet. Un directeur de projet de l'entreprise cliente est responsable de la formation et de l'intégration de l'équipe du propriétaire. Il se rapporte à un comité de direction qui se réunit mensuellement et à un comité exécutif qui se réunit aux 3 mois.

Tableau 3.2b : Préoccupations en lien avec les situations de travail, relatives à la gestion des projets dans leur ensemble (détaillées en annexe 6)

Les objectifs de l'étude de cas définis en collaboration avec les deux partenaires	Participer à la recherche présente, pour les entreprises partenaires, l'intérêt de documenter leur processus de conception afin d'identifier comment générer des installations de production «user friendly» et ce, au profit des opérations et des projets (itérations en phases de définition et d'exécution). Dès la première réunion tenue pour établir un partenariat de recherche, le gestionnaire rencontré explique qu'il conçoit les objectifs de qualité et de santé/sécurité comme convergents et devant être intégrés.
Les indicateurs de performance des projets	Le donneur d'ouvrage se donne des indicateurs de performance des projets ne spécifiant pas les situations de travail, mais leur étant liés (durée et rentabilité des projets, sécurité, développement durable, coûts en ingénierie, nombre de changements apportés en cours de projet, extras). Chez la firme, la sécurité et l'utilisabilité des installations conçues sont des arguments promotionnels évoqués sur sa page web, mais les exemples illustrant sa bonne performance portent sur la sécurité sur les chantiers.
Les enjeux d'amélioration des projets	Le projet suivi est consécutif à deux projets de référence (utilisés aux fins de validation) à la suite desquels les entreprises partenaires ont cherché à rendre les projets plus efficaces (améliorer les processus d'ingénierie simultanée et la consultation des opérations). Concernant la consultation, on a cherché à pallier le manque «de focus» et de rigueur dans l'application des procédures (qui inviter, quand, planifier la rencontre, avoir un check list, etc.). C'est dans ce contexte qu'au cours du projet, les entreprises procédaient à la mise à jour du manuel des procédures de gestion des projets.

Des spécialistes de ces deux dernières disciplines peuvent être invités («ressources opérations») aux équipes de travail, selon les besoins de la conception. Des «gardiens» sont imputables de l'efficacité de la consultation, des «*aspects de sécurité, d'opérationnalité, d'entretien et de constructibilité*» et de «*l'intégration dans la conception des recommandations découlant des revues SSHE et Hazop*» dans chaque secteur (les responsables de secteur) et pour l'ensemble (le coordonateur de projet). Enfin, un «gardien» est imputable des objectifs opérationnels du projet mis en lien avec l'organisation du travail (le coordonateur des opérations «*agit comme fil conducteur concernant les aspects opérationnels*» et «*identifie des opportunités et risques d'organisation du travail en fonction de l'augmentation de la capacité de l'usine*»).

D'autre part, le projet documenté est considéré «innovant» comparativement aux données du questionnaire électronique. En effet, les 40 projets documentés poursuivent des objectifs traditionnels (coûts, échéancier et performance) qui sont enrichis, une fois sur cinq, d'objectifs liés au facteur humain – la conception «*userfriendly*» (21%), la réponse au besoin des opérations (19%) et la santé-sécurité (18%). Cependant, contrairement à ce qui est observé chez les entreprises participantes, les activités formelles de consultation des opérations (des groupes de travail, revues de conception, réunions SSHE ou Hazop) ne sont principalement prévues qu'à l'étape de la mise en service et du démarrage (19%) suivie de près par l'étape des vérifications pré-opérationnelles (18%) (réponses recueillies parmi un choix de 7 étapes , cf. annexe 3.3).

3.3 Conditions d'exécution du travail «comprises» par les concepteurs (analyses éthique et sociologique)

Les analyses éthique et socio-organisationnelle se situent à l'intersection de la tâche prescrite de l'ingénieur (sections 3.1 et 3.2) et de son activité cognitive (section 4). En effet, elles examinent les valeurs et les règles des deux organisations partenaires de l'étude de cas, en lien avec la prise

en compte des situations de travail, mais au travers les pratiques des individus engagés dans le projet suivi, plutôt qu'au travers les prescriptions formelles.

Trois séries de constats ressortent de **l'analyse éthique**. Ils ont trait à la sensibilité éthique des ingénieurs impliqués dans le projet suivi, à leur compétence à résoudre les dilemmes rencontrés et enfin, à la façon dont ils réussissent à concilier identités professionnelle et organisationnelle.

Premièrement, l'analyse révèle la présence d'une sensibilité éthique chez la majorité des 17 ingénieurs rencontrés (concepteurs à l'emploi de la firme ou du donneur d'ouvrage ou ressources opérations à l'emploi du donneur d'ouvrage). Ce constat montre que ces ingénieurs cherchent à faire des liens entre les différents niveaux de valeurs – personnelle, professionnelle et organisationnelle – et leurs actions concrètes. Avoir une sensibilité éthique constitue un indicateur à l'effet que ces ingénieurs sont conscients de leurs obligations et du rôle qu'ils ont à assumer dans le cadre de leur travail. Cela révèle qu'ils sont en mesure de se préoccuper des répercussions de leurs choix techniques aux niveaux social et environnemental, de même que sur les individus. L'exercice de leur profession n'est donc pas purement «rationnel et objectif» mais repose sur le choix délibéré de valeurs. La sensibilité éthique est «la porte d'entrée» aux situations qui sont vécues en tant que dilemmes éthiques. Elle permet de découvrir les stratégies qui sont utilisées par l'ingénieur afin de résoudre son dilemme.

Plus exactement, la sensibilité éthique de ces ingénieurs met en relief trois préoccupations relatives à l'impact de leurs choix sur les individus, donc plus étroitement liées à la recherche :

- *une préoccupation pour les futurs utilisateurs* du dispositif conçu et livré aux opérations. La sensibilité éthique est orientée vers la sécurité et vers les risques associés au dispositif. L'ingénieur se soucie des répercussions potentielles pour autrui et pour l'environnement. Par exemple, *« Le dilemme est venu sur le type de matériau qu'il faudrait utiliser.* [x] *voulait utiliser un matériau à moindre coût plutôt que (...) la proposition initiale* [qui] (…) *prenait en compte les risques, la sécurité et le respect de l'environnement. Nous étions en accord avec nos valeurs professionnelles. (...)Notre proposition demandait une baisse de production majeure, mais à long terme c'était sécuritaire, et avait une durée de vie plus longue».*
- *une préoccupation pour la santé physique des travailleurs*, laquelle est ancrée dans des préoccupations de sollicitude pour autrui et révèle que l'ingénieur s'engage moralement à répondre aux besoins concrets et au bien-être des personnes afin de jouir d'un environnement de travail adéquat. Par exemple, « *Je n'accepte pas que mes travailleurs opèrent sur un chantier non sécuritaire (...). Je n'ai pas envie de prendre une bière et de voir un de mes gars avec une main en moins. Je me sens responsable d'eux».*
- *une préoccupation à l'égard du travail à remettre*, qui révèle un souci du travail bien fait. Il s'agit, pour l'ingénieur, d'agir en professionnel et de manière précise, c'est-à-dire, conforme à ses obligations et responsabilités. Par exemple, *« C'est certain que lorsque nous avons avancé dans la définition du projet, on a réalisé que (...) il y avait plusieurs risques technologiques et le dilemme éthique que je voyais concernait les solutions et le fondement des bases du projet qui n'étaient pas très solides. (...) Je voulais donc bien faire le travail, mais on n'avait pas beaucoup de temps pour le faire ».*

Deuxièmement, tous les ingénieurs rencontrés (firme et donneur d'ouvrage) ont mentionné avoir vécu des dilemmes éthiques. C'est dire qu'ils se sont tous retrouvés dans des situations où le

problème pratique à résoudre interpellait et mettait en contradiction ou confrontation des valeurs (personnelles, organisationnelles et professionnelles). Cette tension pouvait faire en sorte de les paralyser dans leur prise de décision. La question se pose donc de comprendre ce qui les a guidés dans leurs tentatives pour résoudre leur dilemme et s'ils y sont arrivés.

Ce qui les a guidés est de tenter de minimiser les conséquences de leur décision pour autrui, de réduire les risques et de respecter les règles (de nature déontologique ou organisationnelle). Le respect des règles déontologiques étant cependant plus fortement associé à la firme de génie conseils et moins présent chez le donneur d'ouvrage. Trois cas de figure ressortent quant à ce que les ingénieurs cherchent à concilier lorsqu'ils tentent de résoudre ainsi leur dilemme :

- *le respect de la règle prescrite* (procédures, contraintes, etc. du projet et des organisations) *et les intentions individuelles.* À cet égard, certains ingénieurs manifestent une ouverture à résoudre les dilemmes éthiques dans le respect à la fois des règles et de leurs intentions mais cette tentative de conciliation s'avère souvent impossible à faire. Cependant, les intentions individuelles sont, pour la très grande majorité, reléguées au second plan de leur processus décisionnel au profit des règles extérieures à eux.. En d'autres termes, la réflexion s'inscrit dans une visée hétérorégulatoire au détriment d'une réflexion éthique de nature autorégulatoire;
- *le contexte de performance du projet et «le souci du travail bien fait».* Cette tentative de conciliation apparaît chez tous les ingénieurs interrogés. Il ressort que les pressions du projet créent une dissonance cognitive chez l'ingénieur qui se sent de moins en moins confortable pour bien exécuter son travail. Devant l'urgence, les ingénieurs choisissent pour la plupart de subir les pressions de l'échéancier et font une analyse plus réduite du projet en question remettant ainsi leur intention première (travail bien fait) au dernier plan de leur analyse ;
- *les exigences professionnelles et les exigences organisationnelles.* Certains ingénieurs tentent de concilier le respect des normes de la profession, véhiculées par leur Code de déontologie, et l'obéissance au projet, incarné par le donneur d'ouvrage. Cette dernière conciliation est la plus difficile pour l'ensemble des ingénieurs (de la firme comme du donneur d'ouvrage). Elle représente un véritable défi et une très grande tension éthique qui est à peine surmontée par les ingénieurs interrogés.

Au final, peu d'ingénieurs réussissent à résoudre leur dilemme éthique, soit à prendre une distance critique avec la situation vécue par rapport à leur propre fonctionnement ; à mobiliser l'ensemble de leurs savoirs, dans toute leur complexité ; à optimiser et faire valoir, vis-à-vis eux-mêmes et les autres, «la meilleure solution» de leur point de vue de même que la mise en évidence de circonstances particulières du projet. Un court-circuitage de leur réflexion éthique est perceptible et des solutions de compromis prévalent entre l'intention réelle et les pressions externes. Dans un tel cas de figure, il est possible de constater que la plupart des ingénieurs mettent leur jugement professionnel en suspend au profit des directives et contraintes organisationnelles et du projet.

Enfin, troisièmement, l'analyse éthique révèle que la cohorte étudiée manifeste à la fois :

- une identité professionnelle – soit celle qui s'inscrit dans la vision de l'Ordre des ingénieurs et qui est rattachée au respect du Code de déontologie – qui se fragilise lorsque les pressions organisationnelles sont activées;
- une identité organisationnelle, soit celle proposée par l'entreprise pour laquelle l'ingénieur travaille et qui est rattachée aux valeurs et au système de récompenses de cette entreprise ;

- une identité clientéliste, soit celle proposée par le projet (incarnée par le donneur d'ouvrage) et qui est rattachée aux valeurs et aux choix techniques imposés par cette structure organisationnelle spécifique.

Les deux dernières identités sont les plus répandues : l'identité professionnelle apparaît dans une moindre mesure et les ingénieurs obéissent en tout premier lieu aux règles des entreprises et du projet pour résoudre leur dilemme éthique. Il est à remarquer qu'ils ne font aucun compromis dans des cas de falsification ou de sous-estimation du risque et activent alors leur identité professionnelle par le biais de leur Code de déontologie; toutefois, la ligne est fragile dans le cas de fortes pressions organisationnelles. La justification apportée par les ingénieurs touche principalement au fait que ce faisant, ils ont plus de chance de favoriser leur carrière et préserver leur emploi, une crainte surtout entendue chez les ingénieurs âgés de 25-40 ans. En fait, aucune valeur commune partagée par les ingénieurs n'a été repérée si ce n'est une vision diffuse du travail bien fait, telle qu'évoquée précédemment. L'identité professionnelle semble donc s'atténuer et même se fragmenter dans le sens où elle ne constitue pas une base solide pour influencer l'action en contexte organisationnel et de projet tel que celui étudié. Cela n'est pas sans conséquence pour l'ingénieur : ses normes déontologiques ne semblent plus être le rempart derrière lequel il peut s'appuyer pour exercer son raisonnement, qu'il soit déontologique ou éthique, lors de situations de dilemme éthique.

L'analyse éthique met donc en relief l'intérêt de cerner les règles organisationnelles qui régissent la pratique des acteurs projet. A ce chapitre, **l'analyse socio-organisationnelle** est éclairante. En effet, elle approche le fonctionnement réel du projet suivi de manière : 1) à montrer que les règles déterminantes de la pratique des acteurs projets s'écartent de celles suggérées par le fonctionnement formel du projet décrit en 3.2 ; 2) à identifier les facteurs explicatifs de cet écart.

Avant d'exposer ces résultats, signalons que la comparaison du projet suivi aux deux projets de référence laisse déjà entrevoir qu'une même structuration formelle s'accompagne de différences au niveau des pratiques (tableau 3.3a). L'analyse socio-organisationnelle va plus loin et distingue deux catégories de facteurs participant à cet écart : les facteurs structurels et conjoncturels.

Les *facteurs structurels* sont ceux qui conditionnent la pratique des gestionnaires du projet de telle façon que les conditions réelles de travail qu'ils mettent en place pour les acteurs projet ne sont pas exactement conformes aux procédures et règles écrites sur papier. Deux facteurs structurels ont joué un tel rôle dans le cas du projet suivi : les conditions du marché et l'alliance entre la firme conseil et le donneur d'ouvrage. D'une part, à l'ingénierie conceptuelle et de base, des pressions concurrentielles et des exigences d'accroissement de la production requise pour satisfaire l'actionnaire ont pesé lourdement sur le donneur d'ouvrage. Ces conditions du marché défavorables ont déterminé de façon significative les conditions de travail des concepteurs. Le projet a dû être lancé de manière précipitée : l'estimé et la définition conceptuelle du projet ont été effectués rapidement. De même, le donneur d'ouvrage, s'étant vu réduire ses budgets, a dû limiter les dépenses en capital et ralentir le projet : une part de l'équipe de la firme a été démobilisée et des scénarios de solution ont été revus. Puis, une opportunité de marché s'étant présentée, le projet a été remis à l'avant-plan mais avec des objectifs modifiés (capacité totale et échéancier identiques mais répartis différemment selon les produits). Là encore, les conditions de travail des acteurs projets ont été affectées : remobilisation des effectifs avec de nouvelles personnes, échéanciers serrés, manque de temps pour consulter et informer.

D'autre part, un environnement contraignant la pratique des ingénieurs était en partie crée par l'alliance entre les deux entreprises. Celles-ci œuvrent en quasi symbiose du fait de leur longue coopération, à tel point que des acteurs projet interrogés, chez l'une comme chez l'autre, considèrent la firme comme une extension des services d'ingénierie du donneur d'ouvrage, sinon comme son département d'ingénierie. La confiance est suffisamment grande pour que la facturation se fasse à «cost plus». En conséquence, au dire de concepteurs de la firme, les besoins ne sont pas toujours précisés aussi rigoureusement que ce qu'ils observent chez d'autres clients avec lesquels la firme entretient des relations contractuelles plus récentes ou moins soutenues. Par exemple, il est admis que les concepteurs de la firme aient à chercher l'information manquante et travaillent avec une grande initiative, en relation directe avec tous les niveaux hiérarchiques des opérations. Au niveau des dirigeants, cette «vie de couple corporative» a facilité le démarrage du projet malgré les difficultés et les rebondissements énumérés précédemment. A un niveau hiérarchique plus bas, cette approche informelle et conviviale convenait aux acteurs des projets de référence, plus habitués aux changements organisationnels et technologiques (cf. tableau 3.3a). En revanche, les acteurs du projet suivi soulignent plutôt les limites de cette approche, dans un projet de si grande envergure, et souhaiteraient des procédures mieux formalisées. Des efforts en ce sens étaient d'ailleurs déjà consentis par les gestionnaires des deux entreprises, au cours même de la réalisation de ce projet.

Tableau 3.3a : Caractéristiques distinctives des projets de référence

Envergure du projet	Le projet suivi est de plus grande envergure (en termes d'investissements financiers) et comporte plus d'incertitudes sur le procédé puisqu'il s'agit de diversifier le portefeuille de produits (les projets de référence visent uniquement des augmentations de capacité).
Historique de changement et compétences des acteurs projet et des ressources opérations	Le personnel du secteur suivi a connu peu d'histoires de changements (peu d'expériences d'innovation) depuis une quarantaine d'années. De ce fait : - les opérations et les ingénieurs des services techniques ont moins l'habitude d'être consultés dans le cadre d'un projet de conception et de coopérer avec les concepteurs de la firme ; - les opérations ont plus d'attentes à l'égard du projet pour résoudre des problèmes existants; - les concepteurs de la firme connaissent moins bien le secteur ; - le système de production est moins «high tech», moins de données de production sont disponibles et les opérateurs ont un niveau d'instruction plus faible.
Ressources opérations	Dans le secteur suivi, les services de soutien aux usines du donneur d'ouvrage sont physiquement éloignés des opérations (ce qui n'est pas le cas des projets de référence). Les ressources opérations, au niveau supervision, sont plus instables en cours de projet.
Contraintes et ressources du projet	Le projet suivi est réalisé sous de plus fortes contraintes : - la définition des besoins (ingénierie conceptuelle et de base) et la nomination des acteurs projets sont réalisées vite et partiellement du fait des conditions du marché; - en cours de réalisation, les conditions du marché forcent des ralentissements et des redémarrages du projet, accompagnés de redéfinitions de l'étendue, des coûts et de l'échéancier (à la baisse), de révisions des scénarios de solution, de même que de démobilisations d'une partie des effectifs (instabilité des acteurs de la conception) ; - des enjeux de relations de travail (la négociation d'une convention collective) au cours des phases de définition jouent en défaveur de la consultation des opérations.

Les *facteurs conjoncturels,* quant à eux, sont des déterminants directs de la pratique des acteurs projet (tableau 3.3b). D'une part, ils sont liés au projet en tant que tel : dans ce cas, la pratique est déterminée par les règles formelles (par exemple, l'arbitrage entre CAPEX et OPEX) comme informelles (par exemple, les compréhensions variées du rôle des équipes de travail). D'autre part, ils sont liés à la vie organisationnelle au-delà du projet (par exemple, la gestion des opérations, compartimentée). Aucun n'est strictement lié à la seule gestion des projets ou de l'organisation. Ainsi, l'exemple de la césure entre les projets majeurs et le génie d'usine montre que les pratiques déployées le temps d'un projet ne constituent pas un ensemble isolé, imperméable au système de régulation sociale plus large dans lequel ce même projet s'insère.

Tableau 3.3b : Facteurs conjoncturels déterminant les règles de fonctionnement réelles des acteurs au sein du projet suivi

Préoccupation envers les opérateurs	La plupart des concepteurs (mais pas tous) considère les opérateurs comme étant surtout motivés par leur confort et leurs habitudes, inconscients des menaces qui pèsent sur l'entreprise, et devant changer d'attitude. Dans ces conditions, il n'est pas certain que les consulter sera aidant.
Césure entre les projets majeurs et l'exploitation (ou opérations)	Cette césure se manifeste par des différences de points de vue entre les ingénieurs des projets majeurs et du génie d'usine (au sein de la firme comme du donneur d'ouvrage, mais également entre les deux entreprises). En particulier, des ingénieurs d'usine du donneur d'ouvrage peinent à trouver leur place dans la structure du projet. La compétence à agir dans un projet d''envergure n'est pas le seul facteur d'incompréhension mutuelle : des enjeux et des intérêts professionnels sont aussi en cause (accès au statut de concepteur, préservation des emplois et d'une expertise).
Dilemme entre tout prévoir et s'ajuster	Les représentants de la firme protestent contre les risques et les délais dus éventuellement aux hésitations de dernière minute du client. Du côté de ce dernier, même des alliés naturels de la firme et de l'équipe projet minimisent ces difficultés et parlent d'ajustements normaux, à la phase de définition comme d'exécution.
Gestion des opérations compartimentée chez le donneur d'ouvrage	Les acteurs projet de la firme disent devoir rencontrer nombre d'interlocuteurs pour faire préciser les besoins et mandats (ce sont autant d'heures facturées cependant) et obtenir des décisions fermes (certaines demandes ne sont formulées qu'«à la 11ième heure»). Ils souhaitent ne pas avoir à «vendre» les choix de conception, une responsabilité qui devrait être assumée par le client. Les acteurs projet des deux entreprises parlent d'une même voix en ce qui a trait à la difficulté de disposer d'une vue d'ensemble des besoins des opérations : ces dernières fonctionnent « en silos » (beaucoup de départements et de chevauchements entre les lieux et les équipements) et la chaîne de commandement n'est pas toujours facile à suivre. Ce malaise semble aussi perçu par la direction chez le donneur d'ouvrage.
Dilemme entre CAPEX et OPEX	Ce dilemme est un peu le choix entre se faire mal tout de suite (dépenses en capital) ou plus tard (dépenses en opérations, entretien et corrections). Les pressions du marché ont obligé à privilégier la seconde option. Selon les concepteurs et les ressources opérations, cette avenue est critiquée ou respectée (on convient d'agir avec les moyens à disposition). Dans les deux cas, le budget serré impose des compressions et des compromis par rapport au « full proof », des reports de dépenses sur les années suivantes et des choix d'investissement avantageant certains secteurs. En particulier, des ressources interrogées estiment que le secteur suivi par la recherche a toujours été et demeure négligé. On lui a réservé des solutions plus organisationnelles et humaines (polyvalence, fusion de secteurs) que technologiques. Les opinions sont partagées quant à savoir si ces solutions sont appropriées. D'autant qu'aux phases d'exécution, on peine à trouver l'argent requis pour la formation et à en préciser le contenu.

Conceptions divergentes des équipes de travail. En prolongement, conceptions divergentes et diffuses des rôles et responsabilités des deux entreprises, des structures décisionnelles et des canaux de communication	A priori, tous les interlocuteurs se disent favorables aux équipes de travail. Dans les faits, ces équipes n'ont pas laissé tant de traces et nombre de personnes expriment leur frustration de ne pas avoir été consultées ou invitées au moment opportun. Les facteurs structurels (échéancier serré, ralentissement et accélération du projet, instabilité des effectifs) expliquent en partie cet écart entre le discours et la réalité. De plus, la compréhension du fonctionnement des équipes de travail varie. Participants, gestionnaires et concepteurs n'ont pas le même point de vue sur: - «qui a le dernier mot» et qui arbitre (de la firme ou du donneur d'ouvrage) les demandes formulées par les équipes de travail ; - les canaux par lesquels l'information doit redescendre aux équipes de travail ; - la valeur ajoutée de l'exercice. Certains révèlent leur propension à consulter au cas par cas des personnes « utiles » et leur lassitude devant les équipes de travail. D'autres maintiennent une ligne d'une consultation élargie via l'équipe de travail, sans être très explicite sur la constitution et le fonctionnement de cette équipe et tout en admettant que dans l'urgence, on peut avoir à travailler en équipe réduite. D'autres enfin préconisent une consultation directe concepteurs / gens des opérations avant la réunion de l'équipe de travail ; - l'intérêt des équipes de travail regroupant simultanément un nombre considérable de personnes (jusqu'à 31 personnes dans une réunion d'équipe de travail) du fait de la gestion compartimentée des opérations chez le donneur d'ouvrage. Bref, la communication semble adéquate aux niveaux gestionnaires, mais moins performante le long de la ligne hiérarchique du donneur d'ouvrage (précision des besoins, demandes de modifications, retour sur les décisions). De plus, les ingénieurs d'usine se plaignent d'être peu consultés, eux qui ont développé de leur côté une tradition de participation avec les opérateurs. Les concepteurs et gestionnaires de la firme jouent un rôle ambigu dans cette dynamique, servant parfois de courroie de transmission et de bouc émissaire.
Une invocation continue de « l'urgence » pour excuser les ratés	Qu'il s'agisse de s'excuser de ne pas avoir consulté, de ne pas avoir tenu une réunion attendue, d'opter pour des solutions de compromis, de ne pas avoir assez prévu d'argent pour la formation, de changer les règles rapidement, de laisser des incertitudes, etc. on invoque régulièrement l'urgence, la précipitation, les décisions successives du propriétaire, le télescopage des étapes. C'est valable mais cela ne contribue pas de manière constructive aux objectifs d'amélioration des processus de consultation et d'ingénierie simultanée poursuivis par les deux entreprises.
Un doute partagé sur la réussite du projet	Tour à tour, certains gestionnaires du projet et des opérations sentent le besoin d'exprimer leurs doutes sur la réussite du projet global : sur les choix d'investissement et sur le fait que le secteur étudié par la recherche demeure l'enfant pauvre et devienne éventuellement le goulot d'étranglement des opérations ; sur les problèmes éthiques posés par le démarrage précipité du projet ; sur la possibilité de rencontrer les objectifs de capacité avec des moyens financiers aussi réduits. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant d'entendre parler du négativisme des échelons subalternes, du fait que plusieurs intervenants croient que ça ne marchera pas.

Au final, cette section montre que la tâche des concepteurs impliqués dans un projet donné est composée de prescriptions ne supportant qu'indirectement le critère «situations de travail». Ces prescriptions sont issues du contexte institutionnel (incluant la culture de la profession) et du contexte organisationnel, formel et informel, lui-même défini par le projet, mais également par les entreprises et l'interaction firme / donneur d'ouvrage.

4. ACTIVITÉ COGNITIVE DES CONCEPTEURS EN CONTEXTE RÉEL DE CONCEPTION

L'analyse présentée ici rend compte de l'activité des concepteurs, c'est-à-dire ceux en charge de définir un «dispositif technique» en totalité (un procédé, un système, un équipement, etc.) ou en partie (un composant mécanique, électrique, etc.), lesquels travaillent soit pour la firme (la majorité), soit pour le donneur d'ouvrage (cf. section 3.2). L'analyse rend compte de cette activité dans sa globalité, c'est-à-dire de l'ensemble des décisions, actions, communications, interprétations de chacun. Celles-ci se rapportent au final à trois préoccupations : cerner le besoin des opérations (section 4.1), définir progressivement le dispositif (section 4.2) et articuler cette «contribution locale» au projet dans son ensemble (section 4.3). Ces préoccupations sont présentes à tout instant, liées au contexte ici et maintenant et s'alimentent les unes les autres tout au long de l'implication du concepteur dans le projet. C'est au travers chacune d'elles que chaque concepteur coopère ou non avec les opérations et pense ou non aux situations de travail.

4.1 Cerner le besoin des opérations

Lorsqu'ils cherchent à «cerner le besoin des opérations», les concepteurs sont guidés par l'objectif de constituer une aide à leur propre activité, c'est-à-dire de disposer de l'information utile pour concevoir et se donner les moyens optimaux de l'acquérir. Cette activité repose sur deux façons de faire plus fines, détaillées ci-après : «construire un cadre participatif pour la conception» et «traduire le besoin des opérations en spécifications concrètes».

4.1.1 Construire un cadre participatif pour la conception

Les concepteurs ne sont pas guidés par l'objectif de «demander l'avis des opérations» mais par :

- la recherche d'une «qualité» d'informations (encadré 4.1a);
- la recherche d'un mode de coopération et d'échange (d'un cadre participatif, encadré 4.1b).

Le cadre participatif recherché (travailler avec des interlocuteurs capables de prendre en compte, aussi, les contraintes qui pèsent sur le processus de conception), chaque concepteur se le bâtit pour lui, à tout instant, en tenant compte de son contexte ici et maintenant. Cela se traduit par :

- la mise en place d'un processus parallèle au processus formel de consultation, c'est-à-dire aux équipes de travail, SSHE et Hazop programmées dans le projet (*«il y avait beaucoup de petites réunions, pas officielles. On ne marche pas par des réunions officielles, ça ne finit plus»*). Ultimement, ce processus parallèle peut remplacer le processus formel; c'est le cas lorsqu'un concepteur met en œuvre ce dernier pour respecter la règle, non pour répondre au besoin de sa conception (*«pour cocher que la réunion a été faite»*);
- l'adaptation du processus formel de consultation, par exemple, en faisant du lobbying avant une réunion formelle (*«parfois, les gens adoptent une attitude différente parce qu'ils ne sont pas informés»*), en indiquant qui inviter à la réunion, en ajustant la périodicité des rencontres.

Encadré 4.1a : La «qualité» des données opérations recherchées

Les concepteurs cherchent à disposer d'informations :

- permettant :
  - o de comprendre les contraintes et les opportunités des installations existantes (y compris des historiques de transformations) ;
  - o de projeter les opérations futures;
- accessibles rapidement (par exemple, des données précompilées par les usines en exploitation ou modélisées par la firme de génie conseil) ;
- «robustes» (du «hard data»);
- proches de spécifications de conception claires, où les conflits de critères et de priorités internes aux opérations (entre secteurs, départements, production et entretien, superviseurs et opérateurs, etc.) sont résolus et arbitrés.

Encadré 4.1b : Le mode de coopération recherché et mis en place avec les opérations

Du point de vue du concepteur, tout ne se résume pas à une question d'affinité avec ses interlocuteurs ni au contexte singulier du projet (la règle de ne pas consulter sur des solutions dans le cas du projet suivi; l'historique de coopération dans le cas des projets de référence). Quel que soit le projet documenté, il s'agit plutôt :

- d'impliquer et de faire participer des acteurs qui contribueront :
  - o à l'élaboration de la solution (« tu regardes la solution puis les contraintes »);
  - o à l'évaluation de la solution, à la formulation de critiques constructives (il ne suffit pas de pouvoir critiquer le scénario de solution du point de vue des opérations);
  - o à la recherche de compromis en cas de critères contradictoires;
  - o à relayer la conception à la fois pour poursuivre la définition de la solution (tester, implanter) et communiquer, faire accepter le changement.
- en retour, de fournir à ces acteurs les informations nécessaires relatives au projet et à la conception pour optimiser leur participation (hypothèses avancées, scénarios éliminés, décisions prises par les gestionnaires, contraintes de temps et de budget qui pèsent sur les concepteurs, etc.).

L'information et le cadre participatif recherchés (incluant le double processus informel de consultation parallèle et d'adaptation de la consultation formelle) pour supporter sa conception président au choix, par le concepteur, des ressources et modalités effectives de consultation.

En ce qui a trait aux ressources mises à profit pour cerner le besoin des opérations (encadré 4.1c), le concepteur peut trouver plus optimal de référer à des données de production chiffrées, à sa propre connaissance des situations de travail ou à des ressources qui, selon lui, sans être opérateurs, «connaissent bien les opérations» (par exemple, des ingénieurs qui font du soutien technique pour la firme ou le donneur d'ouvrage). En marge du «qui consulter» intervient également la question du «combien» : le concepteur restreint le nombre d'interlocuteurs avec lesquels il travaillera «en parallèle au processus formel» étroitement et en continue. Ainsi, il dispose de ressources «au courant des détails du projet à tout moment» (son historique, soit les hypothèses avancées et les scénarios éliminés au gré de la définition et de la redéfinition du dispositif, du besoin et des contraintes du projet dont le temps, le budget et les arrangements d'ensemble, etc.). A ces diverses ressources sont attachées des «avantages» et des «inconvénients» en termes de support efficace à la conception (encadré 4.1d). Au global, ces critères amènent une majorité de concepteurs (projets suivi comme de référence) à privilégier comme interlocuteurs «opérations» les niveaux des gestionnaires et des superviseurs, ce qui

implique un fonctionnement «en escalier» (du concepteur, au gestionnaire, au superviseur, à l'opérateur et retour) pour avoir des informations sur les situations de travail.

Encadré 4.1c : Les ressources mises à profit pour cerner le besoin des opérations

Les ressources mises à profit pour cerner le besoin des opérations peuvent être multiples. Il peut s'agir de données (plutôt que de personnes) et, lorsqu'il s'agit de personnes :

- d'ingénieurs (du donneur d'ouvrage ou de la firme conseil) qui, du point de vue du concepteur, «connaissent bien les opérations» (par exemple, du fait qu'ils font du soutien aux usines ou qu'ils ont réalisé plusieurs projets pour le donneur d'ouvrage);
- des «ressources opérations» et, dans ce cas, des gestionnaires, des superviseurs et contremaîtres, des opérateurs (production et maintenance) et des spécialistes (par exemple, le préventionniste);
- d'absence de coopération, le concepteur faisant référence à sa connaissance des opérations.

Encadré 4.1d : Types d'aide à la conception en fonction des ressources opérations

Du point de vue des concepteurs, travailler avec les ressources suivantes présente des avantages et des inconvénients en termes de «capacité à supporter le processus de conception» :

- faire participer les opérateurs (production et maintenance), c'est s'exposer : 1) à des critiques non constructives («*les opérateurs sont des chialeux*»); 2) à une multitude de demandes contradictoires «non triées, non structurées, non arbitrées» par les opérations ; 3) à des délais si les opérateurs ne sont pas physiquement proches du lieu de travail du concepteur. Par contre, les opérateurs sont les mieux placés pour parler de leurs façons de faire réelles;
- faire participer les superviseurs et gestionnaires permet :1) de travailler avec des spécifications contradictoires «pré arbitrées»; 2) d'avoir accès à des données de production ; 3) dans certains cas, des données chiffrées (hard data). Par contre, cela implique un fonctionnement «en escalier» (du concepteur, au gestionnaire, au superviseur, à l'opérateur et retour), lequel crée, du point de vue même du concepteur, un filtre en ce qui a trait aux informations sur «le fonctionnement réel des opérations» et affecte la qualité de l'information qui circule (sur le scénario de conception du concepteur et sur le besoin des opérations);
- avoir recours aux ingénieurs «qui connaissent les opérations», y compris soi-même, est souvent plus rapide. Par contre, les ingénieurs ne sont pas nécessairement au fait des façons de faire réelles des opérateurs. De même, travailler avec les ingénieurs d'usine n'est pas nécessairement garant d'un partage de «la culture projets majeurs».

L'analyse révèle que ce fonctionnement «en escalier» ne fait pas l'unanimité. Certains le considèrent conforme aux règles prescrites relatives au rôle des équipes de travail, d'autres comme une dérive par rapport à ces règles. Certains le voient comme résultant d'une ambiguïté quant à qui est imputable (la firme, le donneur d'ouvrage, ou le concepteur quel qu'il soit) de définir le besoin des usines. Cependant, les concepteurs qui choisissent de travailler avec les gestionnaires et superviseurs et de tabler sur un tel processus «en escalier» (soit la majorité), ne considèrent pas cela pour autant optimal :

- à moins d'accéder par là à des données de production chiffrées (le cas des projets de référence, non du projet suivi), cela laisse l'impression de travailler avec «des perceptions», ce qui réduit aux yeux du concepteur la valeur ajoutée de la consultation;
- la majorité des concepteurs considère l'utilisateur final mieux placé pour parler de l'usage des équipements : «*les gens invités en salle rose* [pour valider les plans], *sont les supérieurs, deux niveaux supérieurs, mais le feedback le plus important est celui du end user*»;

- la conception demande de se projeter dans le futur à partir de concepts plus ou moins étayés, ce que les opérations (tout niveau hiérarchique confondu) auraient du mal à faire;
- même ces interlocuteurs ne sont pas toujours dégagés pour travailler sur le projet (*«je ne l'ai pas oublié* [de consulter le contremaître] *mais il n'aura pas le temps de s'impliquer.»*).

4.1.2 Traduire le besoin des opérations en spécifications concrètes

L'objectif formel du projet prescrit de «répondre aux besoins des usines». Dans le cours de leur activité réelle, les concepteurs opérationnalisent cet objectif en *«pensant opérations»* sous les angles opérationnel, fonctionnel, normatif et de l'acceptabilité (encadré 4.1e).

Encadré 4.1e : L'objectif «répondre au besoin des opérations» opérationnalisé «en action»

Dans le cours de leur activité réelle, les concepteurs opérationnalisent l'objectif «répondre aux besoins des usines» en tenant compte des opérations sous l'angle :

- opérationnel, en faisant un lien direct entre les caractéristiques du scénario de solution envisagé et les objectifs opérationnels de capacité et de qualité (par exemple, mettre le dispositif technique en hauteur optimisera sa capacité de refroidissement) ou de sécurité (par exemple, la présence d'eau génère un risque d'explosion);
- fonctionnel, en faisant un détour par le fonctionnement des équipements, en tenant compte des variabilités des conditions de fonctionnement (par exemple, la saison) pour établir un lien entre les caractéristiques du scénario de solution envisagé et les objectifs opérationnels de capacité, de qualité et de sécurité;
- normatif, en se préoccupant du respect des normes externes à l'entreprise (environnement, CSA, santé et sécurité au travail, etc.) mais également des politiques, standards et normes de l'entreprise;
- de l'acceptabilité, en se préoccupant des réactions, des intentions, de l'attitude des gens d'opération.

La prise en compte du besoin des opérations sous l'angle fonctionnel manifeste une conscience du concepteur de la valeur ajoutée de *«penser plus spécifiquement situations de travail»* :

- pour projeter les conséquences de ses choix sur l'efficacité comme la santé et la sécurité. Le concepteur prend en compte ces aspects de manière intégrée également lorsqu'il pense aux opérations sous les angles opérationnel et normatif;
- dans le but de dégager des spécifications de conception de l'existant et de mettre les solutions envisagées à l'épreuve de la projection des façons de faire futures probables des opérateurs de la production et/ou de la maintenance. Par exemple, le concepteur verbalise, à propos d'un concept amélioré en cours d'ingénierie de base : *«Ça n'existe pas dans les manuels mais il arrive que la façon de faire soit de tirer dessus avec un équipement, donc en tension. Ça n'avait pas été conçu pour ça, là ils l'ont renforci».*

Cependant, certaines connaissances des situations de travail pertinentes pour optimiser la conception n'émergent ni de la consultation formelle ni du cadre participatif mis en place par le concepteur (*«on a opté pour une solution* [d'usage pour les opérateurs d'entretien] *qui ramène un problème réglé il y a 20 ans»*). Deux catégories de facteurs sont en cause (encadré 4.1f) : les convictions des concepteurs relatives aux situations de travail existantes et/ou futures ; les outils dont ils disposent pour documenter celles-ci de façon rigoureuse. Ces deux facteurs s'alimentent l'un l'autre : les efforts investis à examiner systématiquement les situations de travail pour cerner

le besoin des opérations seront d'autant plus grands que, grâce à des outils performants, les concepteurs ont acquis la forte conviction de la valeur ajoutée de l'exercice pour la conception. Cependant, la question des outils performants et des convictions demeure pertinente aussi pour les concepteurs observés qui croient et tablent sur la consultation directe des opérateurs. Ainsi, dans l'exemple évoqué supra (*«ça n'existe pas dans les manuels mais il arrive que la façon de faire soit de tirer dessus»*), il y avait eu coopération soutenue avec des utilisateurs, rencontrés sur le terrain en situation réelle de production. Cela n'a pas permis de mettre en évidence le fait que l'équipement devait permettre à la fois les façons de faire prescrites (en poussant) et les façons de faire réelles des opérateurs (en tirant), ce qui change les efforts sur le système.

Encadré 4.1f : Connaissance non systématique des situations de travail existantes et futures issue de la consultation formelle et informelle : facteurs en cause

Les «convictions» du concepteur. La conscience de la valeur ajoutée «penser situations de travail» existantes et futures (ou l'intérêt de traduire l'objectif «répondre au besoin des usines» en ce sens) est «diffuse» :

- des concepteurs portent davantage attention aux situations de travail futures qu'à celles existantes, ces dernières étant appelées à être «éliminées» par l'innovation;
- d'autres privilégient l'examen des méthodes normalisées de travail à celui des façons de faire réelles et informelles des opérateurs;
- enfin, d'autres associent ce type de considérations de détail davantage aux phases d'exécution des projets (ingénierie de détail, formation et mise en service), moins aux phases de définition.

Les outils d'analyse des situations de travail existantes et futures. Ceux dont disposent les concepteurs pour optimiser l'efficacité des interactions avec les opérations et dégager les critères de conception sont :

- des outils d'interface conception/opérations plus généraux, non dédiés à la question des situations de travail, comme l'analyse de la valeur, l'analyse fonctionnelle, les simulations, les tests sur prototypes, etc. Ces outils ont pour caractéristique d'entrer par le besoin du projet plutôt que des opérations;
- des outils dédiés à la SST, adaptés de manière informelle par les concepteurs. Par exemple, ceux-ci animent des échanges autour de l'usage concret des dispositifs, en début de réunion SSHE plutôt que de se limiter à compléter le questionnaire standard et formel d'identification des risques SST (*«ce qui apporte une valeur dans une SSHE, c'est la discussion avant le questionnaire»*). Ces outils ont pour caractéristique d'entrer par la porte du risque plutôt que des façons de faire réelles des opérateurs;
- des outils d'observation et de questionnement généraux, comme aller sur les lieux du travail des opérateurs, les observer et discuter avec eux (*«je vais physiquement, sur le terrain, je discute avec l'opérateur*).

4.2 Développer la solution de manière optimale

Une part importante de l'activité des concepteurs est tournée spécifiquement vers la définition du dispositif dont la conception lui est confiée. Le processus est complexe : le concepteur tient compte de plusieurs critères (le besoin des opérations est un parmi d'autres), compose en tout temps avec l'incertitude et «travaille en boucle» (il construit le problème en le résolvant). Cependant, il ne peut échapper à la nécessité de décider et d'agir. Aussi gère-t-il cette complexité en recourant à trois façons de faire détaillées ci-après : «réduire temporairement la complexité du

problème de conception», «élaborer des scénarios de solution tout en anticipant les conséquences pour les opérations et le projet» et «garder la mémoire des spécifications de conception».

4.2.1 Réduire temporairement la complexité du problème de conception

Lorsqu'ils sont tournés vers la conception même du dispositif technique dont ils sont imputables, les concepteurs du projet suivi comme de référence en réduisent la complexité :

- ils reconduisent en tout ou en partie l'existant (faire du «*couper – coller* », disent certains concepteurs);
- ils alternent entre des moments «de convergence», où ils portent attention à la résolution d'un «morceau du problème» (par exemple, avancer le développement d'une solution qui rencontre les objectifs de capacité et de coûts en reportant à plus tard la problématique générée pour le personnel d'entretien) et des moments «de divergence», où ils cherchent une solution optimale en prenant en compte toute sa complexité.

Ces façons de faire réduisent le temps de la conception et participent au respect de l'échéancier à court terme (à long terme, cela dépendra si la décision ne génère pas, plus tard, d'itération); la première réduit, au surplus le risque associé à la nouveauté. Cependant, ces deux façons de faire comportent également leurs revers eu égard à l'objectif de répondre au besoin des opérations et à la conception de situations de travail efficaces et sécuritaires.

D'abord, lorsque le besoin des opérations n'est pas cerné de manière exhaustive et systématique (section 4.1), reconduire l'existant mène à des choix non optimaux :

- des problématiques d'efficacité et de sécurité sont reconduites et l'opportunité ouverte par le projet de les éliminer est perdue («*on aurait dû y penser, mais on a reproduit l'existant, on aurait pu enlever un problème de la situation existante, tant qu'à faire*»);
- certains éléments de l'existant qui permettaient l'atteinte de résultats de production et d'entretien optimaux sont éliminés (cf. l'exemple déjà évoqué «*on a opté pour une solution* [d'usage pour les opérateurs d'entretien] *qui ramène un problème réglé il y a 20 ans*»).

Ensuite, porter attention à une partie du problème (les moments de convergence) s'accompagne d'avancées du temps du projet et de la définition de la solution : les marges de manœuvre pour reconsidérer les critères temporairement délaissés se rétrécissent. Des concepteurs manifestent dans un tel contexte une moins grande ouverture «au retour à la complexité» et à la critique. Or, le critère «situations de travail» apparaît vulnérable, au sens où il est temporairement délaissé en priorité et ce, en raison de deux catégories de facteurs :

- des facteurs liés à la vulnérabilité du critère «opérations» en général, par rapport au projet. C'est le cas lorsque :
  - o «répondre au besoin des opérations» général (*a fortiori* prendre en compte le critère informel «situation de travail») ne réussit pas à faire le poids ou entre en contradiction avec les contraintes de temps et de budget du projet («*le downing force dans ce projet là, ce sont les coûts*»). Nous y revenons en 4.3;
  - o le processus formel de consultation des opérations, qui force à «revenir à la complexité des critères de conception» que le concepteur se sente prêt ou non, est délaissé (4.1);

- des facteurs liés spécifiquement au critère «situation de travail», par rapport aux autres besoins des opérations. Les convictions diffuses et l'efficacité mitigée des outils des concepteurs en lien avec ce critère, évoquées en 4.1.2, sont en cause. A cela s'ajoute que :
  - la plupart des concepteurs trouvent difficile de coopérer avec les opérations sans solution (*«si tu as un concept dans ta tête, tu ne l'as même pas mis sur papier, développé, appelé les fournisseurs, et tu veux aller voir le gars de l'usine : 'où veux-tu ta valve ?' ... Il faut que tu avances pour réussir à avoir des questions puis à avoir des réponses»);*
  - les situations de travail sont considérées comme une variable d'ajustement (*«Quand ce n'est qu'une question de personnel... c'est important, mais c'est additionner des gens, à la limite, ça va bien. C'est quand tu n'as pas l'équipement qui vient d'être conçu que ça va mal»* ou encore *«On va faire des règles, des MTN* [méthodes de travail normalisées]*»).*

4.2.2 Élaborer des scénarios de solution tout en anticipant les conséquences pour les opérations et le projet

Les concepteurs cherchent également à réduire la complexité du processus de conception en portant, en continu, un jugement sur l'incertitude :

- de leurs scénarios (*«ça peut marcher mais on peut avoir un problème de capacité»*, ou encore *«je m'attends à ce que de dire aux opérateurs de faire attention ne suffisent pas»*);
- des hypothèses à la base de ces scénarios (*«on s'est donné un buffer mais je ne suis pas certain que ce buffer soit suffisant»*);
- de la projection des conséquences des scénarios sur les opérations, dont l'usage (*«il y a toute une dimension humaine là-dedans, toute une gymnastique qu'on n'a faite que sur papier»*).

La justesse de ce jugement d'incertitude est importante car celui-ci conditionne (encadré 4.2a) ;

- la gestion, par le concepteur, du risque que les scénarios envisagés ne répondent pas au besoin des opérations (et donc, en prolongement, du risque de générer des situations de travail non optimales du point de vue de l'efficacité et de la sécurité);
- le processus même de coopération itérative avec les opérations pour définir les scénarios de solution (et donc, en prolongement, l'acceptabilité de ces solutions).

Les ressources auxquelles le concepteur a recours, déterminantes de la justesse du son jugement d'incertitude du point de vue des opérations et des situations de travail, sont sa connaissance :

- des opérations, construite en amont (parcours professionnel) et en cours de projet (cf. «cerner le besoin des opérations» décrit en 4.1). En particulier, la connaissance des situations de travail (existantes et projetées) permet d'établir une projection du risque opérationnel;
- de l'humain dans des registres variés (anthropométrique, physiologique et psychologique) (*«ce scénario est plus risqué pour la contamination et la qualité car les opérateurs peuvent faire des erreurs, mal identifier les produits et les mélanger»);*
- de la différence et des liens entre la fonctionnalité (utilité, utilisabilité, appropriabilité) et l'acceptabilité des équipements (*«je pensais qu'ils allaient accepter au bout de la ligne, mais dans leur tête, ce n'est pas acceptable»*). Ainsi, un bris d'équipement survenu en utilisant un prototype en production pour le tester est interprété par un concepteur comme pouvant tout autant être un problème d'usage que de résistance au changement (*«il faut être drôlement habile pour utiliser cet équipement, habile et bien intentionné»*). Il ne se sent pas outillé ni pour

arbitrer ces deux hypothèses, ni pour élaborer un plan d'atténuation du risque;
- des limites de ses connaissances relatives aux trois aspects susmentionnés (donc, sa capacité à mettre en doute ce qu'il sait des opérations).

Encadré 4.2a : Enjeux et issues du jugement d'incertitude en cours de conception

Du jugement que les concepteurs portent sur les solutions de conception (hypothèses, scénarios et conséquences) dépend «l'évaluation du risque» (au sens de l'ingénierie non de la SST) et le choix:
- de retenir le scénario de solution ;
- de chercher à atténuer le risque (le terme utilisé étant la «*mitigation*» du risque, du verbe anglais «*to mitigate*») :
  - en amendant la solution (par exemple, en renforçant telle composante mécanique);
  - en augmentant le niveau de confiance à l'égard de la solution : pour eux-mêmes et/ou au bénéfice de leurs interlocuteurs du projet et/ou des opérations (acceptabilité);
- de gérer le risque résiduel (par exemple, en établissant des méthodes de travail sécuritaires et efficaces qui pallient le fait que la solution technique retenue n'est pas optimale).
- Le plan d'atténuation des risques peut être mené en coopération avec les opérations elles-mêmes : en faisant des simulations, en testant la solution, en l'implantant progressivement plutôt qu'à grande échelle ou encore, en concevant d'entrée de jeu une solution de repli, y compris celle de revenir à l'existant).

Le jugement du concepteur sur les limites de sa connaissance des opérations est, tel que mentionné en 4.1, influencé par ses convictions eu égard aux situations de travail et par les outils dont il dispose pour les prendre en compte. Ce jugement joue un rôle central dans l'activité du concepteur. Car construire et résoudre le problème vont de pair : ce qui est pertinent de savoir des opérations émerge au fur et à mesure des scénarios de solution envisagés. Des décisions de deux natures relèvent donc au moins sporadiquement d'un processus privé en marge de toute consultation formelle ou informelle : 1) la définition du dispositif, en l'absence d'informations sur le besoin des opérations jugées non pertinentes jusque là; 2) le choix même de consulter (les opérations, les spécialistes identifiés comme «ressources» dans le projet, d'autres concepteurs) pour se constituer une connaissance plus fiable et robuste, notamment des façons de faire réelles des opérateurs de la production et de la maintenance (*«on va faire venir l'opérateur de l'équipement et on va voir si ça passe ou si ça ne passe pas»*).

4.2.3 Garder la mémoire des spécifications de conception (dont les besoins des opérations)

Les concepteurs cherchent à garder en mémoire les spécifications de conception découvertes au gré du projet : il s'agit de pouvoir y revenir si les scénarios de solution sont rejetés et modifiés. Ils le manifestent clairement en faisant référence, par exemple, à la base de conception, outil de mémoire typique des projets : *«La base de conception, c'est le nerf de la guerre, sans ça c'est comme le voyage au fond des mers, c'est de la houle tout le temps».*

Concrètement, la traçabilité et la prise en compte des spécifications (relatives aux besoins des opérations ou non) reposent sur des mécanismes :
- «de sélection», car les concepteurs n'écrivent pas tout (*«la base de conception a été mise de côté : est-ce que ça bougeait trop et ce n'était plus valable de la mettre à jour et de la faire*

endosser par tout le monde ? Tout ce que je sais c'est que quand je suis arrivé, la base de conception datait de quelques mois») et une partie de ce qui est écrit l'est sur des supports informels (par exemple, dans des courriels échangés en marge des supports prescrits);

- de remémoration, en cours de conception, y compris des spécifications non écrites. Elle peut être le fait des opérations elles-mêmes. Mais les concepteurs se remémorent également parfois spontanément «en privé» tel ou tel critère, contrainte ou spécification de conception, dont ils connaissent l'existence grâce à leur implication aux phases amont du projet ou à une transmission verbale entre concepteurs.

Ces mécanismes connaissent des ratés. Des spécifications se perdent en cours de projet, dont des spécifications relatives aux besoins des opérations : *«On aurait probablement évité ce problème, qu'on a verbalement fait ressortir puis qui est tombé en oubli»* (propos d'un responsable opérations relatifs à une problématique existante, reconduite et modifiée à la construction).

Les facteurs qui interviennent dans la sélection d'une spécification de conception comme trace à écrire ou non et, sinon, dans sa remémoration au gré des aléas de la conception sont liés à :

- la gestion des projets, notamment la stabilité des équipes et la pression du temps;
- la présence au sein de l'équipe projet d'un «gardien» d'un critère de conception (environnement, santé et la sécurité au travail, etc.);
- la mise à disposition d'outils de trace dédiés formels à compléter (par exemple, un check list SSHE) de même que la performance de ces outils (rubriques prévues, facilité d'accès, etc.);
- l'initiative des ressources opérations quant à la prise en charge du suivi de leurs demandes;
- un effet de «filtre», lui-même associé à la façon dont le concepteur priorise les objectifs contradictoires des projets. Certains critères ou certaines problématiques résiduelles retiennent en effet davantage l'attention et préoccupent les concepteurs tout au long de la définition de la solution (*«J'y reviens de temps en temps, oups, une lueur, quelque chose qui se dessine»*).

4.3 Articuler sa contribution à celle des autres acteurs projet

Chaque concepteur gère ses interactions avec les opérations en lien avec le dispositif qu'il a à concevoir, dont il est imputable. Parallèlement, il gère ses interactions avec les acteurs de l'équipe projet et pense son processus de travail comme «un silo» à articuler à ceux :

- des autres concepteurs,
- des acteurs des phases d'exécution, en aval (ingénierie détaillée, construction, approvisionnement, mise en service, etc.),
- des «gardiens» dédiés à des objectifs formels (coûts, environnement, etc.),
- des gestionnaires porteurs des objectifs d'ensemble du projet (directeur du projet, gestionnaires de secteur, de discipline, de l'ingénierie) et de l'organisation (le comité directeur, qui place le projet au sein de la stratégie d'affaire de l'organisation).

En d'autres termes, les concepteurs gèrent le projet dans son ensemble mais à leur niveau, une activité qui repose sur deux façons de faire détaillées ci-après : «se synchroniser avec les autres acteurs projet» et «gérer les contradictions et différences de points de vue et de priorités».

4.3.1 Se synchroniser avec les autres acteurs projet

La complexité des projets majeurs et la nécessité de faire appel à des spécialités et des compétences variées (en termes de secteurs et de disciplines i.e. génie mécanique, électrique, industriel, etc.) font en sorte que les concepteurs travaillent dans une structure formelle qui, à la fois, divise et coordonne les participants au projet : 1) chacun a son rôle et des résultats spécifiques à rencontrer ; 2) chacun voit «son silo» raccordé aux autres par des obligations communes de résultats (objectifs du projet) et de moyens de coordination (groupes de travail, rencontres de secteur, mise à jour de la base de conception, etc.). Cependant, ils actualisent continuellement cette structure formelle de division et de coordination.

D'une part, chacun manifeste et construit avec les autres participants une compréhension mutuelle (rester informé, informer les autres) relatives :

- aux choix «gelés» ou envisagés (objectifs, scénarios de solution, etc.). Par exemple, le concepteur envisage un scénario d'équipement et considère pertinent d'en informer tel autre concepteur en charge de définir les automatismes embarqués dans cet équipement;
- au processus de travail de chacun (échéancier, modalités, etc.). Par exemple, le concepteur envisage faire un test à telle date avec tel équipement et considère pertinent de voir, auprès d'un autre concepteur, si la composante qu'il a à définir sera disponible à temps.

Les concepteurs définissent ces «échanges pertinents» sur la base : 1) de ce dont ils se sentent redevables mais également moralement responsables (encadré 4.3b); 2) de leurs anticipations des résultats d'ensemble, ce qui inclut la projection des conséquences de leur contribution locale comme de l'addition de contributions locales variées (la leur et celles d'autres) sur le projet dans son ensemble (y compris pour les opérations).

Cette part de l'activité des concepteurs est doublement en lien avec la prise en compte effective du besoin des opérations (y compris des situations de travail) :

- certains concepteurs, dans certaines circonstances particulières «ici et maintenant» du projet, se sentent redevables et moralement responsables :
  - o des opérations (y compris des situations de travail) et mettent le projet à leur service («*tu pars avec un système, tu le fais marcher, et après tu regardes combien il coûte*»; «*ça a fait un certain mécontentement, on a changé l'ingénierie, l'entrepreneur, la planification de la construction puis ça va coûter un peu plus cher*»);
  - o ou, au contraire, du projet et mettent les opérations et les situations de travail à son service («*ce n'est pas l'idéal mais on compensera avec des méthodes de travail sécuritaires*»);
- certains concepteurs «pensent situations de travail» pour identifier «avec qui se synchroniser» et projeter les conséquences des arrangements d'équipements conçus par des acteurs distincts. Cependant, cela se fait via des outils (tests, simulations, essais de prototype, etc.) non dédiés à la projection rigoureuse et exhaustive des façons de faire des opérateurs. Par exemple, un équipement de chauffage choisi pour sa capacité en kilowatts/heure (demandée par les opérations) s'est avéré trop volumineux eu égard à l'espace conçu et au choix des autres équipements installés dans cet espace et l'arrangement d'ensemble. Malgré des simulations sur plan réalisées par les concepteurs, des difficultés d'accès et des risques de heurts pour les opérateurs d'entretien ont été générés.

Encadré 4.3b : La synchronisation formelle et la synchronisation relative à ce dont le concepteur «se sent redevable» et «se sent moralement responsable»

Les obligations de résultats et de moyens communs influencent «ce dont le concepteur se sent redevable» (*«le downing force dans ce projet là, ce sont les coûts»*) et, ultimement ses choix de conception de même que son processus de travail. Cependant, l'activité de tous les concepteurs n'est pas pour autant guidée par la structuration formelle des silos et des modes de coordination du projet. Des écarts sont observés entre elle et ce dont le concepteur :

- «se sent redevable» (imputable). Par exemple, tous n'ont pas la même compréhension du rôle de la firme de génie conseils et du donneur d'ouvrage, du mode de fonctionnement des équipes de travail, des objectifs prioritaires. A ce chapitre, l'énoncé formel des objectifs est réévalué par certains au regard des décisions prises par les gestionnaires en cours de projet (par exemple, pour trancher des scénarios en faveur des coûts) ou en marge des projets (par exemple, pour évaluer la performance du projet et des individus) ;
- «se sent moralement responsable» :
  - ce qu'il considère faire partie de son créneau de conception (*«ce n'est pas moi qui lead ça dans le projet, mais j'ai de l'intérêt; j'ai poussé cette idée-là et il faut que ça fonctionne»*);
  - ce qu'il considère devoir être priorisé en fait de résultats d'ensemble à atteindre. Par exemple, certains concepteurs vont considérer justifié de défendre (et se coordonner à propos de) un scénario de solution cohérent avec les objectifs opérationnels du projet mais dépassant les contraintes de coûts (*«mon vrai code d'éthique, c'est que l'entreprise* [cliente] *continue d'être rentable»*) ou d'échéancier (au risque de générer des problématiques en aval).

Ainsi, au-delà de la tâche prescrite du projet (section 3.2) joue la tâche comprise (section 3.3), laquelle est en lien avec le parcours personnel et professionnel et les valeurs de chacun, de même qu'avec les règles formelles et informelles qui régissent de manière effective les pratiques de tous les acteurs projets (gestionnaires, concepteurs, opérations, etc.).

4.3.2 Gérer les contradictions et différences de points de vue et de priorités

En synchronisant sa contribution locale au projet dans son ensemble (directement ou par addition de son «silo» à la contribution des autres acteurs), le concepteur repère des contradictions et des différences de points de vue et de priorités : *«On pensait qu'on s'approchait de la solution. Quand* [tel concepteur a demandé la livraison pour telle date]*, j'ai dit 'je vais tout faire pour livrer, mais ma problématique c'était qu'il fallait que je teste ma conception, la façon dont l'opérateur l'utilise en production (...). Sauf que là, je me sentais poussé dans le temps».* La conception n'est donc pas qu'un rapport de compréhension mutuelle, elle est également un rapport de prescriptions mutuelles : entre concepteurs et gestionnaires, cela va de soi; mais également entre acteurs projet de mêmes niveaux hiérarchiques (entre concepteurs, entre concepteurs et certaines ressources opérations, entre concepteurs et responsables des étapes aval du projet) ; en enfin, entre concepteurs et acteurs de niveaux hiérarchiques moins élevés sur le plan formel (comme les opérateurs) ou informel (comme les ingénieurs d'usine, cf. section 3.3).

La gestion de ces contradictions est en lien avec la prise en compte des besoins des opérations, y compris des situations de travail. L'analyse montre en effet que les modalités mises en œuvre par le concepteur sont doubles :

- faire des compromis, «en privé» ou avec d'autres acteurs projet de même niveau ou de niveau moins élevé (à qui «il faut vendre» sa solution et son point de vue). Ces compromis, en faveur soit du projet, soit des opérations et des situations de travail, portent sur la solution en tant que telle (*«on va demander aux opérateurs de faire attention ... ce n'est pas ce qu'il y a plus élégant mais, pour régler des choses ...»*) ou sur le processus de consultation des opérations (*«tu es obligé de livrer plus vite que prévu et tu ne feras pas ta consultation»*);
- remonter à un gestionnaire pour que soient desserrées les contraintes qui pèsent sur le processus de conception et qui génèrent les contradictions et les compromis (les coûts, l'échéancier, etc.) et pour faire arbitrer cette contradiction.

La modalité privilégiée par le concepteur dépend de «ce dont il se sent redevable et moralement responsable» (cf. supra). Elle dépend également de «ce dont il se sent capable», c'est-à-dire des leviers dont ils disposent «pour convaincre» (qui existent de manière formelle ou informelle et que le concepteur connaît et sait utiliser). L'analyse montre que trois catégories de leviers jouent un rôle dans la prise de décisions de compromis favorables ou non aux situations de travail :

- les leviers «politiques» (structures, personnes clairement identifiées et accessibles, «gardien» des situations de travail, etc.) pour convaincre et faire arbitrer des choix en faveur des situations de travail (*«lorsqu'on avait des réticences, on ne savait pas très bien qui aller voir entre le coordonateur des opérations, le coordonateur du projet ou le responsable du secteur»*) ou, au contraire, en leur défaveur (*«aller à la guerre»* pour faire accepter un choix par les opérations);
- les canaux formels de communication et de rencontre conception/opérations (*«si je n'ai pas de feedback* [des opérations et des opérateurs], *c'est que c'est correct»*);
- les leviers «normatifs» (règles, standards, prescriptions formelles, objectifs, mesures de performance des projets et des concepteurs, etc.) pour donner du poids au critère «situations de travail» (par exemple, par rapport à l'échéancier, car convaincre prend du temps);
- les leviers «instrumentaux» soit les outils pour prendre en compte l'humain, notamment faire des démonstrations à son propos. Ainsi, lorsque la contradiction à résoudre est purement technique, les concepteurs ont recours à des calculs, des tests, etc. pour étayer leurs positions. Lorsque «l'humain» et «les situations de travail» sont en cause, ils se sentent peu outillés pour chiffrer et démontrer la valeur ajoutée des options : projeter le travail futur des opérateurs et estimer ses impacts en termes d'efficacité (productivité, qualité, etc.) et de santé-sécurité. Dans certains cas, ils disent avoir attendu «que les opérations fassent le poids» pour que les situations de travail soient prises en compte (*«ce feedback là* [des opérations], *on ne l'a pas eu à la dernière minute, mais à un moment donné* [en phase d'exécution], *le gros bon sens a refait surface; c'est triste mais c'est ça pareil»).*

Au final, la présente section met en évidence les «ressources» des concepteurs : celles dont ils sont (ou non) porteurs et celles mises (ou non) à leur disposition, qui sont déterminantes de leurs façons de faire en cours de projet. Elles sont relatives à leurs compétences d'une part et, d'autre part, à leurs conditions d'exécution du travail aux niveaux organisationnel (du projet et de l'entreprise) et institutionnel. Les déterminants mis en relief par les analyses cognitive, éthique et socio-organisationnelle, convergents et/ou complémentaires, seront synthétisés en section 6. Mais auparavant, il convient de s'interroger et faire le point sur les effets de la pratique des concepteurs sur la prise en compte des situations de travail en cours de projet.

5. EFFETS DE L'ACTIVITÉ DES CONCEPTEURS SUR LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL

Les procédures projets formalisées par les entreprises participantes (section 3.2) ont donné lieu à des succès si on considère la courte liste de déficiences à corriger lors de la mise en service du secteur étudié, mais également les résultats des deux projets de référence (objectifs d'échéancier, de budget et de capacité dépassés, production quotidienne de l'usine non affectée par le projet, bonne performance relative à la sécurité sur le chantier et enfin, obtention de prestigieux prix en gestion de projet). Cependant, il s'agit là d'une évaluation des projets sur la base des objectifs formels énoncés au départ, en lien avec le plan d'affaire qui a motivé sa réalisation.

La présente section procède à une évaluation différente, en lien avec la problématique de la recherche : du point de vue du processus de travail des acteurs de la conception, en portant le regard non plus sur celui mis en œuvre par les concepteurs, mais sur la contribution réelle des ressources opérations (5.1) ; du point de vue des situations de travail générées par la coopération entre ces deux catégories d'acteurs (5.2). L'exercice montre qu'un pas de plus vers la réalisation du plein potentiel des projets peut être fait.

5.1 Résultats du projet du point de vue du processus de travail des ressources opérations

Deux constats ressortent de l'analyse de ce processus de travail. Le premier concerne **les modalités suivant lesquelles les ressources opérations** (impliquées au travers le processus de consultation formel comme informel) **interfacent avec les concepteurs**. Ces modalités, détaillées en annexe 7, ont été observées chez toutes les ressources opérations interrogées (y compris les ingénieurs), lesquelles oscillent entre l'une et l'autre, aux différentes étapes du projet, au gré des circonstances particulières. Elles sont triples :

- la co-conception (1). Les opérations manifestent ici la volonté, convergente avec celle des concepteurs, de trouver des solutions de compromis favorables au projet et aux usines;
- l'ajustement du processus formel de consultation, accompagné ou non de confrontations (2). Le recours à cette modalité découle d'une évaluation négative que les ressources opérations font de certains scénarios des solutions avancées, notamment eu égard à la fonctionnalité (*«ils ne tiennent pas compte des savoirs pratiques»*), ou du processus même de consultation (*«on arrive à des SSHE, alors que ça devrait être un climat positif, les gens sont agressifs parce qu'ils n'ont pas été consultés ou ils ont été consultés mais pas écoutés»);*
- la démobilisation (3). Cette modalité est pour sa part en lien avec l'écoute perçue lors des interactions avec les concepteurs (*«l'intérêt vient avec l'écoute»)*, le feedback sur les besoins formulés (*«des fois, on n'a pas le résultat de la décision»*) et enfin, la continuité de l'implication dans le projet des ressources opérations (*«je n'avais pas d'idée parce que j'ai été appelé à la dernière minute»*) comme des concepteurs (*«je veux voir les mêmes visages du début à la fin, capables de s'engager, de défendre les options et d'expliquer les choix).*

Ces modalités révèlent un potentiel d'amélioration de l'efficacité des projets. D'abord, la modalité no 1 est surtout mise en œuvre de manière informelle : le processus de consultation est dédoublé. Ensuite, les modalités no 2 et 3 montrent que les gains de temps réalisés en amont au détriment du processus de consultation sont perdus en aval ; par exemple, les opérations

exploitent une SSHE pour compenser le manque de consultation sur les aspects fonctionnels, laquelle SSHE devra ensuite être reprise. De même, ces deux modalités sont à contre-courant des bénéfices recherchés, au niveau des gestionnaires, par la mise en place du processus formel d'ingénierie simultanée et de consultation (3.2) et, au niveau des concepteurs, par la mise en place du cadre participatif (4.1). Un écart est observé entre concepteurs et ressources opérations qui interprètent la confrontation et la démobilisation différemment. Pour les concepteurs, cela révèle l'attitude négative des ressources opérations et leur incompréhension de la logique des projets (*«ils prennent pour acquis que le projet va leur donner tout ce qu'ils demandent»*). Pour les ressources opérations, il s'agit de manifester leur volonté d'être consultées, de comprendre pourquoi certains besoins ne peuvent être comblés par le projet et enfin, d'être impliquées de la même façon qu'elles le sont dans les projets de soutien aux usines.

Enfin, un cercle vicieux risque de s'installer au gré des projets. En effet, plus le processus formel de consultation se révèle difficile et à faible valeur ajoutée (du fait des ajustements requis, de la confrontation et de la démobilisation, modalités 2 et 3), moins les concepteurs sont tentés d'y avoir recours.

Le second constat concerne **la compréhension que les ressources opérations ont du rôle qu'elles ont à jouer dans un projet majeur**. Là encore, il s'applique à toutes les catégories de ressources opérations, y compris celles qui coopèrent de façon étroite et continue au projet (en dehors de la consultation formelle) et à certains ingénieurs qui font du soutien aux usines (au sein de la firme comme du donneur d'ouvrage). Les ressources opérations sont conscientes que ce qui est en cours de définition, ce sont des installations que, dans le futur, elles auront à exploiter de manière efficace et sécuritaire. Cependant, les données révèlent notamment que :

- la majorité des ressources opérations se considère être au service de la firme *(«ce projet là est à l'externe pas à l'interne, on donne un support à la firme»)* et avoir à définir leurs besoins à la demande des concepteurs, en réaction (*«on ne s'est jamais réuni à l'interne* [sans la présence d'un ingénieur de la firme]»);
- des demandes contradictoires sont formulées sans avoir été arbitrées ou priorisées à l'interne;
- la prise en charge de la traçabilité et du suivi des besoins formulés est laissée aux concepteurs (*«on aurait probablement évité ce problème, qu'on a verbalement fait ressortir puis qui est tombé en oubli»; «on a le forum pour discuter mais pas de traces comme telles»*);
- les scénarios de conception ne sont pas systématiquement mis à l'épreuve des besoins formulés (selon un concepteur *«c'est excessivement rare que des commentaires nous reviennent de la production et de la maintenance»*);
- les moyens d'interfacer avec les concepteurs en contexte de projet majeur ne sont pas clairs, notamment les moyens de faire valoir son point de vue en dehors des réunions auxquelles on est convié par les concepteurs ;
- le «fonctionnement en escalier» qui conduit les concepteurs à privilégier l'implication des gestionnaires et des superviseurs n'est pas remis en question par les ressources opérations. Celles-ci partagent en quelque sorte les convictions des concepteurs, énoncées en 4.1, qui jouent en défaveur d'une prise en compte systématique des situations de travail des opérateurs de la production et de la maintenance.

5.2 Résultats du projet du point de vue des situations de travail

Les résultats présentés ici sont dégagés des analyses réalisées aux phases de définition, mais également des données recueillies auprès des clients internes : ceux impliqués aux phases de construction et de mise en service de même que les ressources opérations, dont des opérateurs de production et de maintenance. Quatre types d'impact sur les situations de travail sont observés.

D'abord, des traces de la prise en compte non optimale des situations de travail **avant même que les installations ne soient livrées aux opérations** affectent l'efficacité du projet :

- des itérations pour répondre aux besoins d'usage réalisées en phases de définition, mais également d'exécution (alors que, théoriquement, on ne devrait plus remettre en question la définition des installations) («*Tu sais là, ce feed back là* [des opérations] *on ne l'a pas eu là, à la dernière minute! Ça faisait longtemps! On a fait la conception, on s'est rendu jusqu'en soumission avec ça ... puis on s'est fait ... pas lapidé mais ...*») ;
- des révisions, en conséquence, de la planification de la logistique et de l'approvisionnement de même que de la construction. Au niveau de la construction, ces révisions sont mal reçues parce qu'elles sont défavorables notamment à la sécurité sur le chantier («*Ça graffigne un peu du côté de la construction parce qu'on apporte des modifications*»);
- des difficultés d'appropriation des nouvelles installations qui allongent la mise en service et le démarrage et qui détériorent la relation conception/opérations («*Ça ne faisait pas deux jours que les trois premiers équipements étaient mis en service que les gens se sont mis à utiliser le matériel en les soumettant à des conditions pour lesquelles il n'avait pas été conçu. Puis c'est parti comme une traînée de poudre : l'équipement n'est pas bon !*) .

Ensuite, **les situations de travail générées à l'issue du projet** sont jaugées par les opérations, en termes de fonctionnalité et d'incertitude quant à cette fonctionnalité. La «*fonctionnalité*» réfère à la possibilité de travailler de manière efficace et sécuritaire avec les nouvelles installations. Selon les situations de travail, les opérations estiment à cet égard que :

- elles se sont améliorées;
- elles sont demeurées équivalentes, ce qui inclut la reconduction de problématiques existantes («*Ça fait 30 ans qu'on marche avec des installations qui ne sont pas à la bonne hauteur, on en construit une nouvelle et on ne prend pas la peine de la faire plus haute !!!*») ;
- ou encore elles se sont détériorées.

Ce sont là des points de vue souvent partagés par les concepteurs qui, dans certains cas, croient que des options plus optimales auraient été possibles tout en respectant les contraintes de coûts et d'échéancier du projet.

L'«*incertitude*» quant à elle rend compte du fait que les ressources opérations :

- soit ont des craintes quant à la possibilité d'atteindre les objectifs de production avec tel ou tel dispositif (elles se demandent si elles vont y arriver) ;
- soit disent ne pas être en mesure de se prononcer sur la fonctionnalité du dispositif puisqu'elles ne savent pas comment précisément les opérateurs devront travailler avec.

L'incertitude concerne l'usage futur des installations et leur appropriation (à la mise en service, «*beaucoup de choses ne sont pas définies ou arrêtées. Les méthodes de travail ne sont pas*

*écrites, les façons de faire ne sont sûres. Il reste beaucoup de détails à propos desquels ils [*les concepteurs*] ne savent pas comment ça va fonctionner*», admet un responsable de la formation).

Par ailleurs, le projet **ne livre pas de façon précoce aux opérations des façons de faire formalisées** (pour la formation), voire en partie déjà appropriées, **ni une liste des problématiques résiduelles** «situations de travail» (efficacité et sécurité) à gérer au démarrage. En cours de projet, il se fait beaucoup d'évaluations informelles des façons de faire futures des opérateurs, des gains et pertes potentiels de ces façons de faire et des problématiques résiduelles situations de travail. Mais peu de traces formelles en restent si ce n'est la liste des déficiences et le résultat de l'exercice réalisé lors des SSHE avec le check list. Il en découle une gestion du changement organisationnel plus séquentielle (par rapport aux choix techniques) que simultanée.

Finalement, des propos relatifs aux problématiques «situations de travail» tenus par les concepteurs laissent entrevoir des **effets à long terme sur les projets futurs**. Ceux-ci déplorent :

- l'absence de feedback positif concernant la valeur ajoutée de bien prendre en compte le besoin des opérations aux phases de définition (*«tu vas leur donner plus ou moins 90% de ce qu'ils ont demandé (...) mais c'est le 10% que tu ne donnes pas qui cause des problèmes. Il y a une partie un petit peu ingrate à retourner voir les gens»*);
- l'absence de données sur la contribution des projets majeurs aux efforts corporatifs visant à réduire la production à non valeur ajoutée, les accidents du travail et les exigences de soutien aux usines pendant le cycle de vie des installations livrées par les projets;
- le fossé qui se creuse et le scepticisme qui s'installe à plus long terme (*«puis, au prochain projet, ça va revenir : '(...) quand vous avez installé tel équipement, qui n'était pas assez puissant ?»*). Cela affecte plus spécifiquement:
  - les relations entre les acteurs de la firme de génie conseils et du donneur d'ouvrage (*«on a tenté de satisfaire le client au maximum et puis finalement on passe pour des clowns»*);
  - les relations entre les opérations et la conception (*«le 15 minutes de gloire que certaines personnes* [des opérations] *peuvent se faire en cassant du sucre sur le dos* [des projets]*! » ;*
  - la crédibilité accordée au processus même de consultation des opérations (« *ils* [aux opérations] *les ont vus ces plans là* (...) *on a fait notre job, on a envoyé ça en salle rose et il ne revient pas de commentaires. Puis on construit et on se fait ramasser comme du poisson pourri* (...) *C'est facile de faire du 'second guessing'*»).

Ainsi, un potentiel perdu d'efficacité des projets est directement en lien avec les pratiques de prise en compte des situations de travail en cours de conception des divers acteurs projets, qu'ils œuvrent au sein de l'équipe de conception ou des opérations, pour le compte de la firme ou du donneur d'ouvrage. Cela met en relief l'importance de faire le point sur les déterminants de ces pratiques, évoqués en filigrane au gré des sections 3 et 4, afin de dégager des pistes d'action.

6. FACTEURS FAVORABLES À LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL : SYNTHÈSE ET DISCUSSION

L'ensemble des résultats exposés aux sections 3, 4 et 5 révèle des facteurs favorables ou non à ce que les situations de travail générées par les projets de conception d'installations de production soient optimales (efficacité et sécurité). Ces facteurs sont liés aux conditions d'exécution du travail des concepteurs (6.1) et à ce qui préside à la définition de ces conditions (6.2). Ils sont décrits ci-après et appuyés sur des données concrètes en référant aux sections du rapport où les résultats pertinents de la recherche sont fournis et ce, de manière à limiter les répétitions.

6.1 Les conditions d'exécution du travail des concepteurs

Il s'agit ici de facteurs relatifs aux ressources mises à la disposition (ou non) des acteurs projet et/ou dont ils sont porteurs (ou non) : les objectifs du projet ; les rôles et responsabilités ; la structuration de la coopération concepteurs/opérations; les outils pour centrer cette coopération sur les situations de travail; et enfin, les compétences des acteurs projets.

L'étude de cas montre qu'un **objectif formel «situations de travail»** supporterait les efforts des concepteurs à prendre en compte les besoins fonctionnels des opérateurs. Même en l'absence d'un tel objectif, les concepteurs observés font un détour par l'usage pour projeter les conséquences de leurs scénarios de conception sur la capacité de production, la qualité et la santé/sécurité. Ce faisant, ils abordent ces aspects de manière intégrée, tel que souhaité par les gestionnaires des entreprises partenaires (cf. 3.2) et les acteurs institutionnels (cf. 3.1). L'objectif formel «répondre aux besoins des opérations» supporte ces façons de faire mais ne suffit pas même si, comme dans le projet suivi, les enjeux d'organisation du travail sont majeurs. La conscience de la valeur ajoutée de «penser situations de travail» reste en effet diffuse. Cette conscience est plus manifeste chez les ingénieurs ou autres au parcours professionnel «proche des opérations» ; mais même chez ces derniers, les «situations de travail» ne sont pas prises en compte de façon systématique ou ne pèsent pas assez lourdement lorsqu'il faut convaincre, gérer des différences de points de vue et arrimer sa contribution au projet dans son ensemble. Le fait est qu'en l'absence d'un objectif «situations de travail» formel, c'est toute la structuration du projet qui n'est pas pensée pour soutenir «*le user centered design*» (rôles et responsabilités, outils de consultation, compétences, etc.).

En ce qui a trait spécifiquement à la structuration et à la **définition des rôles et responsabilités**, trois facteurs ont joué en défaveur de la prise en compte des situations de travail :

- l'absence d'un gardien dédié au critère «situations de travail», capable de jouer les rôles stratégique et technique détaillés en section 1.1 et en annexe 1 ;
- l'absence d'une structure claire à laquelle se référer, capable de faire contrepoids à l'arbitrage «horizontal» qui se fait entre concepteurs ou entre concepteurs et ressources opérations, souvent au détriment des situations de travail et de la consultation;
- le processus de consultation pensé pour que les opérations *donnent leur avis*, sur demande des concepteurs, non pour qu'elles se constituent en une équipe articulée, proactive et fédérée autour de la prise en charge de la responsabilité de définir son besoin, en co-conception, en amont et au gré de la définition des installations.

En ce qui a trait aux deux premiers facteurs, il est d'usage en gestion de projet de désigner un gardien d'un objectif formel du projet (coûts, échéancier, opérationnel) de même qu'une ligne hiérarchique claire pour que les concepteurs s'en réfèrent à ce gardien, lequel pourra s'en remettre aux décideurs si le projet s'écarte de la performance visée. Par exemple, dans l'étude de cas, un tel gardien des coûts était nommé, ce qui a renforcé l'imputabilité de chaque concepteur (sa préoccupation pour ce critère lorsqu'il conçoit un scénario de solution, l'évalue et projette ses conséquences) et lui a fourni les leviers pour convaincre et faire valoir son point de vue sur cette question (cf. 4.3.2). Il n'y avait pas d'équivalent pour les situations de travail, ni même d'équivalent explicite pour les opérations, comme l'indique le troisième facteur.

En ce qui a trait au dernier facteur, l'étude de cas montre que le critère «situations de travail» est une dimension, parmi d'autres, du besoin des opérations (cf. 4.1.2). Aider les concepteurs à prendre en compte cette dimension particulière exige de structurer la définition et le suivi du besoin des opérations en conséquence, notamment par les opérations elles-mêmes. Les entreprises partenaires ont, pour définir le besoin des opérations, misé sur un processus de consultation à toutes les étapes du projet. Cependant, insérer des temps de consultation dans une structure classique de projet n'a pas suffi à optimiser «l'ingénierie simultanée». Dans le projet suivi, les tâches prescrites et comprises (cf. 3.2 et 3.3) étaient telles que «définir le besoin des opérations» relevait, chez le donneur d'ouvrage, à la fois de ressources insérées dans l'équipe projet (le coordonnateur opération et le coordonnateur projet) et des ressources opérations; de plus, chez le donneur d'ouvrage, certaines personnes préconisaient la consultation directe concepteurs/opérations, transférant ainsi la responsabilité d'identifier le besoin des opérations à un troisième joueur, la firme. De même, aucune ressource chez le donneur d'ouvrage n'avait pour seul rôle de définir ces besoins (chaque responsable cumulait aussi d'autres responsabilités). Ainsi, aucune personne n'était seule responsable et dédiée exclusivement à coordonner l'identification et le suivi du besoin des opérations :

- toutes dimensions confondues (opérationnelle, fonctionnelle, normative ou d'acceptabilité),
- pour tous les secteurs, départements et usines transformés par le projet,
- en lien avec chaque objectif «opérations» du projet (efficacité, environnement, SST),
- tels qu'abordés au travers diverses activités prévues au projet (base de conception, analyse de la valeur, analyse fonctionnelle, équipes de travail, SSHE, etc.),
- à chaque étape du projet et auprès des divers acteurs (ligne hiérarchique et horizontale).

Par ailleurs, obliger à des moments de rencontres planifiés qui **structurent la coopération entre concepteurs et opérations**, dès les premières étapes du projet, favorise la prise en compte du besoin des opérations. Dans l'étude de cas, les traces écrites du processus de consultation aux phases précoces de définition (base de conception, cahier de charges fonctionnel, comptes rendus des équipes de travail, etc.) sont essentiellement issues de la consultation formelle. L'efficacité de celle-ci est cependant vulnérable car sa mise en œuvre effective demande que :

- la consultation formelle soit adaptée aux besoins et contraintes des concepteurs comme des opérations. Les premiers sont à la recherche d'une certaine qualité d'information et de cadre participatif (c.f. 4.1); les seconds de compétences et d'informations sur le projet pour supporter efficacement la conception (cf. 4.1, 4.2 et 5). Dans le projet suivi, ces conditions n'étant pas toujours rencontrées, un processus de coopération informelle parallèle a prévalu;

- les concepteurs et les opérations aient un historique et une culture de travail en commun en contexte de projet majeur (comme dans le cas des projets de référence documentés où le même processus formel prescrit a été mis en œuvre) et sinon, des moyens compensatoires;
- les concepteurs sachent porter un jugement juste sur les limites de leurs propres connaissances des opérations; nous aborderons plus loin cette question.

Même avec des conditions favorables à la mise en œuvre effective de la coopération formelle, la prise en compte des situations de travail peut ne pas être optimale. Le processus cognitif de définition de la solution (4.2) révèle que des échanges informels ponctuels avec les opérations sont inévitables et souhaitables : sans eux, le concepteur fera des hypothèses «en privé» sur les opérations pour composer avec le rythme de la conception. Cependant, la consultation informelle a aussi eu ses revers dans le projet : elle a généré des problèmes de traçabilité et de suivi du besoin des opérations, d'exhaustivité (recours à des interlocuteurs peu nombreux, sélectionnés selon les critères énoncés en section 4.1), de qualité d'information (fonctionnement en escalier) et de démobilisation. L'absence de moyen, dans le projet suivi, pour supporter la coexistence des deux formes de coopération, formelle et informelle, n'a pas permis d'atténuer ces effets négatifs.

Ensuite, la coopération concepteurs/opérations, formelle comme informelle, même précoce, n'est pas en soi garante de la prise en compte du besoin des opérations sous l'angle fonctionnel. L'absence **d'outils et de compétences pour centrer cette interface sur les situations de travail** efficacement a contribué aux effets décrits au chapitre 5 (situations de travail non optimales et incertaines, difficultés d'appropriation des nouvelles installations, incertitudes opérationnelles résiduelles non livrées aux opérations). D'un côté, «*on se parle beaucoup, mais pas des situations de travail*» valide un concepteur impliqué dans les projets de référence. D'un autre côté, les échanges portant sur les situations de travail ne sont pas systématiquement consignés par les outils existants de traçabilité et de suivi (cf. 4.2) et ce, ni par les concepteurs, ni par les opérations. En effet, dès l'ingénierie conceptuelle et de base, des ressources opérations ont identifié des situations de travail inefficaces et à risque à ne pas reconduire, mais le point a été soulevé oralement puis oublié; de même, des besoins de ne pas reconduire des situations défavorables ou au contraire de reconduire des situations favorables n'ont pas été signalés. Au final, le face-à-face concepteurs/opérations est en partie mais pas toujours en mesure d'échanger sur les situations de travail existantes et futures efficacement. Quatre facteurs sont en cause, le premier étant favorable, les trois autres défavorables :

- la conviction que «*le feedback le plus important que l'on peut avoir, c'est celui du end user*», et que «le fonctionnement en escalier» (consulter les gestionnaires et superviseurs) crée un filtre, une distorsion, affectant la qualité des données sur les façons de faire réelles de la production et de la maintenance sur lesquelles basées la conception;
- les compétences à documenter les situations de travail et aider les acteurs «proches des opérations» à juger les limites de leurs connaissances (jusqu'à quel point ils peuvent se substituer aux «*end users*» et faire l'économie de leur implication et d'un examen rigoureux de leur situation de travail);
- les outils des concepteurs et des opérations pour réaliser cet examen rigoureux des situations de travail (diagnostics et pronostics) d'une manière utile à la conception (dégager «des specs»);
- les connaissances des opérations (dont les ingénieurs affectés au soutien aux usines) relatives au déroulement des projets majeurs de même que celles à agir dans un tel contexte.

6.2 La définition des conditions d'exécution du travail des concepteurs

Les résultats produits par cette recherche permettent de tirer des enseignements relatifs à des facteurs (favorables ou non à la prise en compte des situations de travail) qui déterminent la définition des conditions et des ressources mises à disposition (ou non) des acteurs projet. Il s'agit de **facteurs d'ordre organisationnel et institutionnel.** Ils sont à la fois issus de l'examen multidisciplinaire de l'étude de cas (éthique, sociologie des organisations, anthropologie cognitive et ergonomie des situations de travail), de l'accompagnement des comités de direction (composé de gestionnaires des entreprises partenaires de l'étude de cas) et de suivi (composé de représentants des milieux institutionnels et scientifiques) et enfin, de l'examen du contexte de la pratique du génie au Québec.

La recherche montre que des contraintes économiques et institutionnelles pèsent sur les gestionnaires d'entreprise dans un sens favorable ou non à la prise en compte des situations de travail en conception. C'est le cas notamment, respectivement : 1) de l'intégration de l'humain et de la technique soutenue par les nouveaux modèles manufacturiers, de même que des dispositions légales et professionnelles obligeant l'employeur à protéger la vie et la sécurité des salariés (cf. 1.1 et 3.1); 2) des exigences de marché ponctuelles et de court terme (cf. 3.3).

Les gestionnaires relayent ces contraintes économiques et institutionnelles au niveau des conditions de travail des acteurs projet. Par exemple, 39 des 40 projets documentés par questionnaire électronique impliquent les opérations, s'inscrivant ainsi dans la suite des pratiques émergentes en gestion de projet (ingénierie simultanée, *user centered design*, conception participative) auxquelles l'orientation client et la PVA ont donné un élan dans les années '90. De même, la santé et sécurité du travail et l'environnement prennent progressivement place en conception, sous la forme d'objectifs formels, aux côtés des objectifs traditionnels (respectivement, dans 18% et 13% des projets documentés par questionnaire électronique).

Rien au niveau institutionnel n'oblige l'employeur (ni le concepteur) à prendre en compte spécifiquement les situations de travail : ni en conception, ni en correction (cf.3.1). Néanmoins, la recherche montre que, **sans y être obligés,** et sans que cela ne soit formulé ainsi, **des gestionnaires d'entreprise et de projet adhèrent aux principes de l'ergonomie des situations de travail.** En effet, 1 projet sur 5 (19%), parmi les 40 documentés par questionnaire électronique, réfère à des objectifs de conception d'installations «*user friendly*». L'étude de cas permet de cerner quels facteurs jouent en faveur (ou non) d'une intégration des principes prônés par l'ergonomie des situations de travail en conception. De même, les gestionnaires des entreprises partenaires étaient ouverts à l'idée de concevoir des installations «*user friendly*» (un terme utilisé pour éviter de parler d'ergonomie, perçue de manière restrictive à l'étape de la négociation du partenariat de recherche; nous y reviendrons) parce que :

- ils avaient l'intuition (sans qu'elle ne soit «chiffrée») que cela serait **profitable du point de vue de la qualité des installations de production livrées aux opérations**, mais également **de l'efficacité des projets**. Cela contribuerait aux efforts déjà consacrés à limiter les itérations et à améliorer leur processus de conception (la consultation et l'ingénierie simultanée);

- **considérer de manière intégrée** (plutôt que comme une addition) **l'efficacité, la qualité et la santé et sécurité** (comme en ergonomie, en entrant par les façons de faire des opérateurs plutôt que par l'effet – le risque, les coûts, etc.) faisait déjà sens, pour eux.

Deux autres facteurs favorables à ce que les gestionnaires de l'étude de cas envisagent intégrer l'ergonomie des situations de travail en conception sont apparus avec l'avancée du projet. Un est de l'ordre de l'argumentaire, l'autre de l'ordre de la démarche.

D'abord, la **notion même d'ergonomie des situations de travail**, en début de projet, n'allait pas de soi. La formation initiale et continue des ingénieurs québécois (cf. 3.1) n'est pas sans lien avec cette réalité. Ainsi, les membres du comité de direction (comme ceux du comité de suivi) avaient tendance au démarrage de la recherche à associer celle-ci à la santé et sécurité, au confort ou au *human factors* (d'où le recours à l'expression «*user friendly*» évoqué plus haut). Progressivement, au sein de ces deux comités, la notion de «situations de travail» (telle que définie à la section 1) s'est imposée, de même que le potentiel dont elle est porteuse pour aborder de manière intégrée l'ensemble des objectifs de capacité, de qualité, de coûts et d'échéancier des projets. C'est surtout en fin de recherche que, peut-on affirmer, l'ergonomie des situations de travail est apparue avoir un intérêt pour elle-même et rejoindre concrètement les préoccupations des gestionnaires du fait que : elle **traite des problématiques vécues aussi par les gestionnaires des projets et les concepteurs** (non seulement par les opérateurs); elle **représente un avantage financier, voire concurrentiel** (pour le génie conseils et la maîtrise d'ouvrage). C'est ce qui ressort des extraits suivants tirés de la rencontre de rendu de résultats au comité de direction :

- «*Ce sont des correctifs qu'il faut faire pour rendre les choix de conception conformes à la façon de travailler* [des opérateurs]. *Si on faisait l'analyse de l'argent que l'on dépense, si on intégrait l'ergonomie au début, on pourrait éviter, je suis certain, les deux tiers de ces demandes là. Je suis sûr qu'il y a beaucoup d'économies à faire» ;*
- «*L'image générale* [le diagnostic formulé à l'issue de la recherche] *fait sens. Ça ne me jette pas par terre mais ça précise beaucoup de choses et je pense que cela pourrait donner des pistes de solution».*
- «*Les concepteurs ont faim de cette information là. Si on avait une façon systématique de leur donner. (...) Ça va être bien reçu si on peut intégrer l'information au bon moment».*

Ensuite, une fois la valeur ajoutée de l'ergonomie des situations de travail mieux comprise, **la démarche, qui devient aussitôt une question d'intérêt, n'est pas apparue être un obstacle** pour les gestionnaires de projet. Les propos des membres du comité de direction montrent en effet que, pour eux, prendre en compte les situations de travail demande de faire des ajustements aux pratiques existantes de gestion des projets : cela ne représente pas «*un changement de cap*» majeur, fondamental et irréalisable. Ils ont par exemple spontanément suggéré de vérifier systématiquement, au démarrage des projets, le besoin d'intégrer l'aspect fonctionnalité et ce, en coopération avec les opérations («*que l'on se pose la question 'est-ce qu'il y a lieu de regarder les situations de travail pour aider à définir le projet ?'*»). Concrètement, une rubrique «situations de travail» pouvait être ajoutée à la *Demande du service d'ingénierie* (DSI). Ou encore, ils ont envisagé «*rehausser l'importance de cet élément*» (situations de travail) à l'intérieur de points de rencontre conception/opérations existants («*ces réunions sont déjà ancrées dans les mœurs, attachons le volet 'fonctionnalité' à cela*»). L'évaluation de la performance des projets pouvait être enrichie de manière à lister «l*es situations de travail mal*

saisies, mal rendues, qui n'apparaissent pas, actuellement, dans la liste des déficiences». Des compétences internes pouvaient agir en support à l'intégration des aspects situations de travail (par exemple, un ingénieur industriel expérimenté faisant du soutien aux usines). Pour autant, des compétences et des outils dédiés serait requis («*comprendre les pratiques, ça ne va pas de soi*») de même que, pour une implantation efficace et dans certains cas, l'implication d'un ergonome.

Les contraintes institutionnelles et les convictions (présentes mais floues) des gestionnaires des entreprises et des projets, nous l'avons dit, déterminent les conditions de travail des acteurs de la conception. Or, les analyses socio-organisationnelle, éthique (cf. section 3.3), cognitive (cf. section 4) et centrée sur les effets (cf. section 5) ont mis en évidence **une série de facteurs autres (mais reliés), relatifs aux pratiques organisationnelles (gestion des projets et des organisations)**, qui fixent aussi la tâche prescrite et comprise des acteurs projet et qui affectent l'efficacité de la prise en compte des situations de travail en conception: la gestion des effectifs projet (stabilité, systèmes de récompenses, gestion des talents) ; les compétences éthiques des acteurs projet et leur capacité à faire valoir leur identité professionnelle en contexte organisationnel (donneur d'ouvrage et firme) ; les conditions contractuelles qui prévalent entre le donneur d'ouvrage et la firme; la façon dont le donneur d'ouvrage se préoccupe des opérations et des opérateurs (en dehors du contexte des projets), gère les liens entre les divers départements, usines, secteurs composant les opérations et enfin, gère le dilemme entre les dépenses en capital et les dépenses en opérations, entretien et corrections ; la façon dont le donneur d'ouvrage et la firme gèrent la performance des projets dans leur ensemble (indicateurs de performance).

Dans le même ordre d'idées, les analyses éthique (3.3) et jurisprudentielle (3.2) montrent que les pratiques organisationnelles constituent un déterminant fondamental de la prise en compte des situations de travail en conception. Les concepteurs sont influencés par le cadre institutionnel de leur pratique mais les effets de ce cadre institutionnel sont fortement court-circuités par les conditions d'exécution du travail définies par les gestionnaires des projets et des entreprises. Le **rôle intermédiaire que jouent les facteurs organisationnels** (entre le contexte institutionnel d'une part et la pratique individuelle des concepteurs d'autre part) est double, c'est-à-dire **à la fois favorable et défavorable à la prise en compte des situations de travail** :

- le contexte organisationnel et des projets de conception peut freiner la volonté de l'ingénieur, qui sur la base de ses valeurs et compétences personnelles et professionnelles, manifeste une sensibilité éthique et un intérêt pour les questions de santé et sécurité et agit concrètement dans le sens de minimiser les conséquences de ses choix pour autrui;
- certaines organisations mettent en place des démarches de projet favorables à la prise en compte des situations de travail et, à cet égard, vont bien au-delà de ce qui est exigé par la loi ou diffusé comme pratique courante par les acteurs institutionnels.

Ainsi, une part de l'amélioration de la prise en compte des situations de travail par les concepteurs, en contexte de projet, passe par des actions orientées moins vers eux directement, que vers les gestionnaires des projets et des organisations de même que vers les acteurs institutionnels. La section suivante est consacrée à ces questions.

7. DISCUSSION ET CONCLUSION : VALIDATION, PISTES D'ACTION ET AXES DE VALORISATION

Les spécifications fonctionnelles, en ingénierie, listent les performances pratiques à rechercher par la conception. Cette dernière section fait état des spécifications qui devraient guider la structuration des projets, afin de supporter la prise en compte des situations de travail en conception (7.1). Cette section sur «le quoi faire» est complétée d'une réflexion sur «le comment faire». Des pistes d'action et de valorisation des résultats de la recherche sont proposées à l'intention des milieux scientifiques, institutionnels et organisationnels qui prescrivent et définissent les conditions de travail des ingénieurs en conception (7.2).

7.1 Spécifications fonctionnelles pour définir les conditions d'exécution du travail des concepteurs (*que faut-il viser ?*)

Pour supporter la prise en compte des situations de travail en cours de projet, les concepteurs ont besoin de conditions «favorables». Celles-ci ont trait aux objectifs et à la structuration d'un projet donné, à la gestion des projets d'ensemble et des organisations et enfin, aux valeurs et aux compétences des acteurs projets. Elles concernent les projets réalisés sans ergonome comme ceux qui doivent supporter le travail interdisciplinaire avec les spécialistes de cette profession.

D'abord, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre qui définissent **la structuration de chaque projet** doivent, en collaboration avec les opérations :

- énoncer et préciser l'objectif et l'étendue du projet en termes de «situations de travail» : 1) en lien avec les objectifs corporatifs de qualité, performance et SST ; 2) pour chaque secteur d'usine(s) touché par le projet de conception ; 3) en termes chiffrables et mesurables en vue du post mortem et de l'évaluation de la performance des projets;
- définir comment opérationnaliser l'atteinte de ces objectifs spécifiques «situations de travail» tout au long du projet et en tenant compte des spécificités de celui-ci.

En ce qui a trait à ce second point (opérationnaliser l'objectif «prendre en compte le besoin des opérations»), le tableau 7.1a indique ce qu'il faut viser eu égard à quatre composants de la gestion des projets : **1)** la définition des rôles et des responsabilités des acteurs projets ; **2)** la structuration de la coopération entre conception et opérations ; **3)** la mise à disposition d'outils dédiés à la prise en compte rigoureuse et systématique des situations de travail ; **4)** le développement de compétences. Ce tableau montre que l'intégration de l'ergonomie des situations de travail est une finalité spécifique (**en gras**), complémentaire et qui doit être pensée en lien avec l'intégration plus large des opérations dans les projets (*en italique*) (Lamonde et Richard 2009a).

Pour que de telles conditions favorables soient mises en place et performantes, les gestionnaires des projets et des entreprises doivent également **agir sur des facteurs périphériques à la gestion des projets** évoqués supra (conditions contractuelles, gestion des projets internes de corrections, indicateurs de performances des projets, etc.).

Tableau 7.1 : Spécifications fonctionnelles pour opérationnaliser l'atteinte des objectifs «situations de travail» (en gras) et «opérations» (en italique) d'un projet de conception

Rôles et responsabilités «besoin des opérations», incluant «prise en compte des situations de travail»	- *Nommer un responsable opérations à qui appartient le rôle de définir le besoin des opérations : 1) sur la base de l'existant ; 2) en projetant le futur.* - *Constituer, autour de ce responsable, une équipe afin de couvrir les quatre finalités du besoin opérations (opérationnelle, fonctionnelle/technique et fonctionnelle/situations de travail, SST et acceptabilité). Favoriser la complémentarité des compétences au sein même de l'équipe opérations.* - **Inclure dans l'équipe un responsable «situations de travail» pour analyser les activités existantes et projeter les activités futures.** - *Assurer la cohérence globale des besoins des opérations. Arbitrage des demandes conflictuelles (entre départements, entre finalités, etc.).* - *Assurer une transmission des besoins aux concepteurs sous une forme adaptée à la conception (données fiables, complètes, pré-arbitrées, en lien avec les objectifs et l'étendue du projet).* - *Assurer, en coopération avec la conception, la traçabilité et le suivi des besoins opérations de même qu'une transmission des décisions des concepteurs.*
Structuration de la coopération opérations / conception	- *Mettre en place une structure générale formelle de coopération conception/opération, favorable à la multiplicité des points de vue et répondant aux besoins de la conception (cadre participatif de co-conception) afin de favoriser sa mise en oeuvre effective.* - *Favoriser un arrimage entre la coopération formelle et informelle.* - *Prévoir une structure d'arbitrage en cas de conflits de critères entre conception et opérations.* - **Mettre en place, à l'intérieur de cette structure générale, des rencontres de coopération dédiées aux situations de travail afin de mettre le projet et les choix de conception à l'épreuve des conséquences sur les opérateurs de la production et de la maintenance en termes d'efficacité et de SST.** - **Intégrer la prise en compte des situations de travail dans les rencontres formelles prévues, dédiées à d'autres objectifs (analyse de la valeur, SSHE, etc.).** - **Faire participer les opérateurs de la production et de la maintenance à ces deux dernières activités.**
Outils dédiés situations de travail	- **Faire appel à des outils performants d'analyse de l'activité réelle en situation de travail existante de projection de l'activité réelle en situation de travail futur avec des opérateurs.** - **Exploiter les diagnostics et pronostics d'activité tout au long des projets pour :** o **dégager des spécifications de conception ;** o **évaluer les scénarios de conception ;** o **supporter l'arbitrage des critères de conception (chiffrer les impacts) contradictoires situations de travail / autres besoins des opérations ou contraintes des projets ;** o **supporter la formation et l'appropriation progressive par les opérateurs des nouvelles installations ;** o **supporter la planification des activités d'exploitation de l'usine en lien avec les problématiques situations de travail résiduelles.**
Compétences	- *Développer les compétences à la co-conception, incluant les compétences des ressources opérations à agir en contexte de projet majeur et les compétences des concepteurs au* **travail interdisciplinaire avec des spécialistes d'autres professions (dont l'ergonomie**, *mais pas seulement).* - **Développer les compétences en lien avec la prise en compte des situations de travail** o **«convictions» des concepteurs et des opérations (supervision);** o **opérations et projection du futur.** - *Développer les compétences éthiques.*

En ce qui a trait aux compétences en ergonomie des situations de travail, les données recueillies par questionnaire électronique confirment la pertinence de cette spécification fonctionnelle. En effet, 67% des ingénieurs interrogés n'ont jamais suivi de formation en ergonomie et 24 % en ont suivi une de moins de 3 jours ; 64% des répondants considèrent leurs connaissances en ergonomie insuffisantes (50%) ou très insuffisantes (14%) compte tenu de leurs fonctions. Aucun des ingénieurs interrogés n'a répondu que ses connaissances en ergonomie étaient très suffisantes. Il y a tout lieu de croire que des données similaires seraient obtenues auprès d'ingénieurs gestionnaires de projet et de ressources opérations.

7.2 Pistes d'action et valorisation des résultats de la recherche (*comment faire ?*)

Les pistes d'action et de valorisation dégagées ci-après sont exposées en deux temps en fonction des acteurs interpellés par la question : ceux des milieux scientifiques (7.2.1) et ceux des milieux organisationnels, institutionnels (7.2.2).

7.2.1 Sur le plan scientifique

Il importe évidemment de **diffuser ces résultats dans les milieux scientifiques** de l'ingénierie, de la gestion, de l'ergonomie, de l'éthique et de la sociologie. L'équipe de recherche a déjà commencé ce travail de diffusion (Lamonde et Darses 2008 ; Langlois 2008 ; Lamonde et Richard 2009a et 2009b) et d'autres initiatives sont envisagées (dont les revues électroniques Pistes et @ctivités).

Par ailleurs, il importe, nous semble-t-il, de **poursuivre les recherches sur la pratique des concepteurs**. Formaliser la façon de prendre en compte les situations de travail en conception ne peut être fait sur la seule base d'analyses, plus répandues, de la pratique d'intervention des ergonomes dans les projets. Cette idée a déjà été défendue par d'autres dont Béguin et Darses (1998), Détienne (2001), Cahour (2002), Garrigou (2003), Toft et coll. (2003), Darses et coll. (2004), Wolff et coll. (2005), Détienne et coll. (2005), De la Garza (2005), Lamonde et Darses (2008). En effet, examiner la pratique des concepteurs (y compris dans des projets sans ergonome) en marge de celle des ergonomes montre qu'il y a convergence entre les besoins des uns et des autres : ce qui est souhaitable pour l'ergonome pour favoriser la prise en compte des situations de travail en conception constitue aussi une aide à la conception pour l'ingénieur (Lamonde et Richard 2009b). Ainsi, plusieurs résultats mis en évidence par la présente recherche ont été signalés par des recherches centrées sur la pratique des ergonomes, sur l'interaction concepteurs/ergonomes, sur l'interaction concepteurs/opérateurs comme sur la pratique des concepteurs (Garrigou 1992 ; Béguin 1995 ; Bellemare et Garrigou 1997 ; Béguin et Darses 1998 ; Lamonde et coll. 2000 ; Darses et coll. 2001 ; Détienne 2001 ; Reuzeau 2001 ; Cahour 2002 ; Morineau et Parenthoën 2003 ; Daniellou 2004 ; De la Garza 2005 ; Darses 2006 ; Ledoux et coll. 2006) et ce, en couvrant des contextes variés de définition des systèmes de travail et de production (projets de correction comme de conception, menés à l'interne comme en binôme donneur d'ouvrage/firme conseil, en ingénierie mais également en architecture). C'est le cas notamment des pistes d'action relatives aux objectifs du projet, au gardien «situations de travail», aux rencontres conception/opérations programmées et dédiées à ce critère, aux outils de diagnostic et de pronostic centrés «situations de travail» et enfin, à l'arbitrage des différences de points de vue (sections 6 et 7.1).

Cependant, la présente recherche apporte au moins trois éclairages méthodologiques relatifs à la façon d'étudier la pratique des concepteurs : étudier l'activité cognitive des concepteurs dans sa globalité, trianguler les théories et méthodes, penser la recherche en lien avec l'action concrète.

D'abord, les recherches en ergonomie de conception tendent à s'intéresser principalement à la prise en compte du critère «situations de travail» et aux processus de coopération (entre concepteurs et ergonomes ou entre concepteurs et opérateurs). La présente recherche montre l'importance d'**étudier l'activité cognitive des concepteurs dans sa globalité**. Cette option méthodologique a permis de faire ressortir *le rôle déterminant des opérations*. La prise en compte des situations de travail par les concepteurs est de fait largement tributaire :

- de l'efficience de la coopération entre opérations et conception (co-conception, mise en œuvre effective du cadre participatif formel, traçabilité, etc.) ;
- de la capacité des opérations à structurer tous ses besoins (opérationnels, fonctionnels, normatifs et d'acceptabilité) en contexte de projet, à gérer des contradictions internes entre ces besoins, et à laisser place et exploiter efficacement les savoirs d'expérience des opérateurs de la production et de la maintenance lorsqu'il s'agit de concevoir comme d'améliorer les installations de production (projets de conception ou correction).

De même, cela a permis de montrer que la spécification fonctionnelle *«programmer des moments de rencontres entre concepteurs et opérations»* ne suffit pas. Ce résultat est important, car c'est là une tendance lourde résultant de la diffusion de pratiques d'ingénierie simultanée : rappelons que les partenaires de l'étude de cas ont misé fortement sur la consultation des opérations pour les trois projets (suivi et de référence) et que 39 des 40 projets documentés par questionnaire électronique impliquent les opérations. L'ingénierie simultanée change profondément les métiers de la conception (Charue-Duboc et Midler 2002) alors qu'un processus de consultation ne fait qu'ajouter des moments de rencontre à un processus d'ingénierie séquentiel classique. Avec une telle logique d'addition, le processus de conception n'est pas fondamentalement remis en cause au profit d'une réelle intégration des objectifs non traditionnels (santé sécurité, développement durable, besoins des usines dont les situations de travail) aux objectifs traditionnels (coûts, échéancier, capacité) (Eklund 2001; Lamonde et coll. 2000; Didelot 2001; Fadier et de la Garza 2006 et 2007).

De plus, étudier la pratique des concepteurs dans sa globalité a mis en relief l'importance de *structurer la coopération formelle entre concepteurs et opérateurs, mais également la coopération informelle*. Pour que la coopération avec les opérations supporte au mieux le besoin du concepteur (au bénéfice du concepteur comme des opérations), il faut que les deux formes de coopérations coexistent. Guibert (2009) constate, comme dans notre étude de cas, que la coopération formelle présente des avantages et des inconvénients, tout comme la coopération informelle. La structuration des projets doit viser à profiter des bénéfices des deux tout en évitant de subir leurs inconvénients.

Ensuite, la recherche a pu dégager des connaissances exhaustives du fait qu'elle a **examiné la pratique des concepteurs en triangulant les approches théoriques et méthodologiques** (examen multidisciplinaire de l'étude de cas, recours à un questionnaire électronique et l'examen du contexte institutionnel de la pratique du génie au Québec).

Ainsi, l'analyse éthique, couplée à l'analyse du contexte institutionnel montre bien que les formations actuelles (initiales et continues) ont tendance à présenter la pratique de l'ingénieur comme un exercice presque purement rationnel reposant sur l'application de connaissances techniques et d'une connaissance des règles de déontologie à respecter. Or, comme toute profession, *l'exercice du génie met en cause des valeurs et du jugement professionnel* qui, pour s'actualiser dans l'action, demandent des compétences décisionnelles éthiques qui dépassent l'application de règles. En retour, l'analyse cognitive montre que la prise en compte de l'humain en conception n'est pas uniquement une question d'allégeance aux valeurs et aux règles de la profession (dont l'a.2.01 *CdD*) : en l'absence de moyen pour identifier que des enjeux humains sont soulevés par ses choix et que des outils existent pour gérer de tels enjeux, l'ingénieur est peu susceptible de vivre de dilemme éthique à leur propos et développer sa sensibilité éthique n'aura pas d'influence sur cet aspect de sa pratique.

De même, les analyses éthique, socio-organisationnelle et jurisprudentielle révèlent l'importance du rôle intermédiaire que jouent les facteurs organisationnels (entre le contexte institutionnel d'une part et la pratique individuelle des concepteurs d'autre part), à la fois favorable et défavorable, sur la prise en compte des situations de travail en conception. Ces analyses montrent également que les gestionnaires relayent à la fois les contraintes et les opportunités qui pèsent sur eux, qu'elles soient d'ordre économique ou institutionnel (et professionnel). De là, il apparaît concrètement justifié de *chercher à agir sur le cadre institutionnel de la pratique du génie et ce, en visant deux clientèles : celle des gestionnaires et celle des concepteurs*.

De plus, les données du questionnaire électronique montrent que les spécifications listées en 7.1, en partie déjà ciblées par la recherche scientifique, présentent un enjeu de taille. En particulier, *fournir des outils dédiés aux situations de travail pour structurer le face-à-face concepteurs/opérateurs apparaît une réelle nécessité* pour améliorer les processus de consultation. Les projets documentés tablent en effet sur la sollicitation, certes, des ingénieurs des services techniques (88%) et des superviseurs (la production ou maintenance) (68%), mais également des travailleurs (65%). Malgré cela, les ingénieurs éprouvent des difficultés à choisir des procédés sécuritaires, à disposer de connaissances pratiques du travail et de l'exploitation, à consulter efficacement les opérateurs, à identifier les points faibles d'une solution (ex. : Efor 1999 ; OIQ 2002a ; Picard 2004; OIQ 2006). De même, la majorité des ingénieurs interrogés par questionnaire électronique considère que les opérations ont du mal à se projeter dans le futur et voit là une raison de ne pas les consulter.

Enfin, des résultats de recherche n'auraient pu être dégagés sans **l'accompagnement des comités de direction** (composé de gestionnaires des entreprises partenaires de l'étude de cas) **et de suivi** (composé de représentants des milieux institutionnels et scientifiques).

Ainsi, la recherche peut rendre compte de l'intérêt de viser à convaincre les gestionnaires des projets et des entreprises que prendre en compte les situations de travail en conception est profitable du point de vue la qualité des installations de production livrées aux opérations par les projets, mais également de l'efficacité des projets. L'expérience de nos partenaires institutionnels confirme, quant à elle, qu'un tel argumentaire devrait cibler les donneurs d'ouvrage. Cela aurait des retombées directes sur leurs pratiques de correction et de conception internes. De plus, ce serait là le moyen le plus efficace d'influencer les pratiques des firmes de génie conseils : ces

dernières emboîteront d'autant plus facilement le pas de la prise en compte des situations de travail en conception que leurs clients en feront une exigence contractuelle.

Une fois les gestionnaires convaincus de la valeur ajoutée de l'ergonomie des situations de travail en conception, nous l'avons constaté avec le comité de direction, vient rapidement la *question du «comment faire» (la démarche)* : il faut pouvoir offrir des réponses claires à cette question, sous la forme, par exemple, d'un guide de pratique. Au passage, cela irait dans le sens de dispositions législatives évoquées à la section 3.1 (et annexe 4) et aiderait à leur application. Rappelons notamment les obligations de l'employeur de prendre les mesures voulues pour éviter qu'il ne résulte, des activités qu'il gère, des blessures corporelles pour autrui (a. 271.1 *C.cr.*) mais également ses droits à des services de formation, d'information et de conseil en matière de santé et de sécurité au travail (a.50 *L.s.s.t.*). C'est d'ailleurs dans un tel esprit d'aide au respect de l'article 2.01 (*C.d.D*) que l'OIQ a élaboré et tient à jour son guide de pratique professionnelle.

Cependant, l'étude de cas montre que dans le développement d'un tel guide de pratique, il faut considérer qu'*une même structuration de la coopération opérations/conception peut donner des résultats variés selon les projets*. Or, les propositions énoncées en ergonomie de conception jusqu'à maintenant ont peu exploré cette question. Chaque projet présente des enjeux situations de travail différents et un historique de coopération concepteurs/opérations varié (en correction et en conception) qui peuvent appeler des façons de faire différentes. Par exemple, standardiser le «*user centered design*» c'est laisser place à la possibilité d'énoncer des objectifs et de structurer la prise en compte des situations de travail de manière plus ou moins serrée, rigoureuse et robuste, selon le contexte. Des cas concrets de telles modulations émergent de l'expérience de grandes entreprises comme Alcan (Lamonde et coll. 2000) ou EDF (Le Guilcher 2008) où il est question de s'interroger, dès les premières étapes de la conception, sur l'ajustement souhaitable (de la structure, des ressources, des compétences, etc.) pour favoriser au mieux la prise en compte du facteur humain dans tel et tel projet singulier. L'accompagnement de l'étude de cas par un comité de direction montre l'intérêt de poursuivre les recherches de manière à valider ce type d'approche. En effet, des solutions similaires, évoquées plus haut, ont été envisagées spontanément par ce comité de direction (vérifier systématiquement, au démarrage des projets, le besoin d'intégrer l'aspect fonctionnalité et les modalités d'intégration appropriées).

7.2.2 Sur les plans organisationnel et institutionnel

Les pistes d'action et de valorisation exposées brièvement ici ont été identifiées à partir des résultats de la recherche et mises en discussion avec les membres du comité de direction et du comité de suivi. Il s'agit ici de répondre à deux questions : Comment peut-on faire en sorte que les conditions d'exécution du travail favorables à la prise en compte des situations de travail en conception, énoncées en 7.1, deviennent pratiques courantes dans les projets ? En prolongement, comment faire en sorte que les résultats de la présente recherche soient valorisés et transférés vers les milieux professionnels ?

Trois pistes de valorisation semblent devoir être privilégiées.

La première consiste à **diffuser les résultats de la présente recherche dans les milieux professionnels et institutionnels** en lien avec l'ingénierie, la gestion et l'ergonomie de manière à dégager, avec eux, des pistes de valorisation adaptées. De telles initiatives ont été prises avec nos

partenaires. Des pistes spécifiques de valorisation, notamment auprès d'autres acteurs institutionnels (les écoles et facultés de génie, les associations professionnelles en gestion de projet, etc.) sont à faire émerger. La recherche de telles pistes de valorisation devra être guidée par deux principes. D'une part, l'influence recherchée doit être orientée en direction de **deux clientèles cibles** : celle des employeurs (gestionnaires d'entreprise et de projet, qui déterminent les conditions d'exécution du travail des concepteurs) et celle, directement des concepteurs. D'autre part, il faut **valoriser l'ergonomie des situations de travail** et son apport aux défis de l'intégration exposés en 3.3 :

- intégration des identités professionnelle et organisationnelle de l'ingénieur (supporter l'allégeance à l'identité professionnelle, y compris en l'exerçant en milieu organisationnel) ;
- intégration des disciplines impliquées dans la conception (supporter l'interdisciplinarité et les compétences de gestion du changement, de communication et de travail en équipe) ;
- intégration des objectifs de rentabilité, de qualité et de sécurité poursuivis simultanément au travers la conception de dispositifs techniques.

Ensuite, nous l'avons vu, au démarrage de cette recherche, les chercheurs disposaient de peu d'arguments pour «étayer» et «démontrer» la valeur ajoutée de la prise en compte des situations de travail en conception : en cela, ils ont bénéficié de l'ouverture d'esprit de leurs partenaires des comités de suivi comme de direction; en cela également, le choix de travailler, au niveau de l'étude de cas, avec des entreprises «innovantes» comme cela avait été le cas lors d'un projet de recherche antérieur (Lamonde et coll. 2001) est apparu des plus judicieux. Cette absence d'un argumentaire pour convaincre les gestionnaires des projets et des organisations est un frein à la diffusion de pratiques favorables à l'intégration de l'ergonomie des situations de travail en conception. Aussi le **développement d'un tel argumentaire** apparaît-il être un axe de valorisation prioritaire à privilégier ; un projet a donc été déposé et l'IRSST a accepté de consacrer des fonds afin de concrétiser cet axe de valorisation (#099-847).

Enfin, nos échanges avec les comités de direction et de suivi l'ont montré, une fois la question de l'argumentaire résolue (une fois la valeur ajoutée de la prise en compte des situations de travail en conception admise), se pose très rapidement la question du comment faire. Un tel guide de pratique est en cours de développement pour répondre aux besoins particuliers de la conception de produits grands publics (IEA à paraître) et existe déjà pour la conception architecturale d'hôpitaux (Villeneuve 1996) et de bibliothèques publiques (Ledoux et coll. 2006). L'équivalent pourrait être formalisé pour les projets de conception industriels (produits et installations de production) et des initiatives en ce sens sont en émergence (Fadier et De la Garza 2006 et 2007). Points positifs, les partenaires de la recherche considèrent que les ajustements aux pratiques existantes de gestion des projets sont réalistes et ne représentent pas «*un changement de cap*» majeur. Néanmoins, il faut formaliser ces ajustements, idéalement les synthétiser dans un guide de pratique à la fois tenant compte de la variabilité des projets et «ergonomique», c'est-à-dire répondant à des critères d'utilité, d'utilisabilité et d'appropriabilité par les usagers, gestionnaires de projet et concepteurs. Le développement d'un tel guide de pratique devrait faire l'objet d'une demande de fonds auprès de l'IRSST sous peu de manière à développer l'argumentaire et ce guide de manière séquentielle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACE (Association canadienne d'ergonomie) – Chapitre Québec, Sylvie Ouellet, communication personnelle, février 2009.

ALGER P.L., Christensen N. A., Olmsted S.P. « Code of Ethics. Ethical Problems in Engineering », Published for the Ethics Committee of the American Society for Engineering Education by John wiley and Sons, New York, 1965, 300 pages.

ASKENAZI, B. « Ingénieurs : ne négligez pas votre savoir-être », Le figaro, 15 janvier 2007.

BARIL-GINGRAS, G., Bellemare M., Brun, J.-P., I « Intervention externe en santé et en sécurité du travail : un modèle pour comprendre la production de transformations à partir de l'analyse d'interventions d'associations sectorielles paritaires », Montréal, IRSST, Études et recherches / Rapport R-367, 2004, 287 pages. {En ligne} {www.irsst.qc.ca/fr/_publicationirsst_100042.html}

BARIL-GINGRAS, G., Bellemarre, M., Brun, J.-P. « Interventions externes en santé et en sécurité du travail: Influence du contexte de l'établissement sur l'implantation de mesures préventives », Relations industrielles / Industrial Relations, Vol. 61, no 1, 2006, p. 9-43.

BEAUDOIN J.-L., Deslaurier P., « La responsabilité civile », 5ième édition, Cowansville, Les éditions Yvon Blais Inc., 1998, pp. 975-977.

BAUM, R.J. and Flores, A., eds. « Ethical Problems in Engineering », Center for the Study of the Human Dimensions of Science and Technology, Rensellaer Polytechnic Institute, Troy, New York, 1978, 335 pages.

BÉGUIN P. « De la complexité du problème à la complexité entre les individus dans les nouvelles stratégies de conception avec CAO ». Actes du Colloque La création architecturale : nouveaux systèmes d'aide à la conception, nouvelles organisations du travail, nouvelles compétences. École d'Architecture de Marseille-Lumigny, 19 Janvier 1995.

BÉGUIN P. « L'activité de travail : facteur d'intégration durant les processus de conception », In : P. Bossard, C. Chanchevrier & P. Leclair, Ingénierie concourante, *de la technique au social*. Paris, Économica, 1997, p. 101-113.

BÉGUIN P., Darses F., « Les concepteurs au travail et la conception des systèmes de travail : points de vue et débats ». Deuxième journée, Rechercher et Ergonomie, Toulouse, février 1998. {En ligne} {www.ergonomie-self.org/recherchergo98/html/béguin.html}

BÉGIN, L., Rondeau, D., « Quelles valeurs pour l'ingénieur d'aujourd'hui? », *Plan*, vol. XLII, no. 6, octobre, 2005, p. 26-27.

BELLEMARE M., Garrigou A. « Comprendre l'activité des ingénieurs de projet : un enjeu pour l'intervention précoce de l'ergonome », In L'ergonome, le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre : Journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie, Université Victor-Segalen, Bordeaux, France, 1997, p. 96-104.

BELLEMARE M., Beaugrand S., Marier M., Larue C., Vezeau S. « Les simulations centrées sur l'activité au cours de l'accompagnement ergonomique des projets industriels : deux cas de conception de cabines de véhicule dans l'industrie métallurgique », Études et recherches / Rapport R-329, Montréal, IRSST, 2003, 154 pages.

BELLEMARE M., Trudel L., Ledoux E., Montreuil S., Marier M., Laberge M., Godi M.-J. « Intégration de la prévention des TMS dès la conception d'un aménagement : le cas des bibliothèques publiques », Rapport de recherche R-395. Montréal : IRSST, 2005.

BENOÎT R. « Intégration de la sécurité dès la conception des systèmes de production dans l'industrie papetière, par le développement d'un programme de formation axé sur le transfert de compétence », Rapport de recherche R-284, Montréal : IRSST, 2004.

BOSSARD P. « Origines et définition de l'ingénierie concourante ». In : P.Bossard, C. Chanchevrier, P.Leclair (s/d), Ingénierie concourante, de la technique au social, Paris : Ed. Économica, 1997, pp. 21-28.

BOURASSA B., Serre F., Ross D. « Apprendre de son expérience », Québec : PUQ, 1999.

BOURGEAULT G. « Ethiques : dit et non-dit, contredit, interdit ». Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec. 2004.

BRASSAC C., Grégori N. « Étude clinique d'une activité collaborative : la conception d'un artefact », Le travail humain, vol 66, no 2, 2003, pp. 101-127.

BRISSON G., Cadet P., Faveaux L., Haradji Y., Le Port M.-C. « La démarche centrée utilisateurs dans le processus de développement d'une application interactive », France : EDF-DER-IMA-ICI et Ackia, 1997.

BRISSON G., Faveaux L., Haradji Y, Le Port M.-C. « Les évaluations ergonomiques des systèmes interactifs et des produits grand public », France : EDF-DER-IMA-ICI et Ackia 1999.

BUCCIARELLI L. «Between thought and object in engineering design», Design Studies, vol. 23, no 3, 2002, p. 219-231.

BURKHARDT, J.-M. & Détienne, F. « La réutilisation de solutions en conception de programmes informatiques ». Psychologie Française, numéro spécial sur l'Ergonomie Cognitive, 40-1, 1995, p. 85-98.

CAHOUR B. « Décalages socio-cognitifs en réunions de conception participative », *Le travail humain*, tome 65, n°4, 2002, p. 315-337.

CCI. «Des ingénieurs canadiens pour l'avenir : Inscriptions en génie et diplômes décernés : tendances 2000 à 2005». 2006 {En ligne} {http://www.ccpe.ca/f/files/report_enrolment_fr.pdf}.

CHARUE-DUBOC F., Midler C. « L'activité d'ingénierie et le modèle de projet concourant », Sociologie du travail, vol. 44, no 3, 2002, p. 401-417.

COLMELLERE C. « Quand les concepteurs anticipent l'organisation pour maîtriser les risques : deux projets de modifications d'installations sur deux sites classés SEVESO 2 », Thèse de doctorat de sociologie, Université de Technologie de Compiègne (France). 2008.

CSST. {En ligne}. {http://www.csst.qc.ca/portail/fr/lois_politiques} 2006.

CSST. {En ligne}. {http://www.csst.qc.ca/fr/jeunes_au_travail/plan_action.htm } Mai 2009.

DANIELLOU F. « Ergonomie et démarche de conception dans les industries de processus continu : quelques étapes clé », Le travail humain, vol. 51, no 2, 1988, p. 185-194.

DANIELLOU F. « Postface », In : P. Bossard, C. Chanchevrier & P. Leclair, Ingénierie concourante, de la technique au social. Paris, Économica, 1997, p. 149-153.

DANIELLOU, F. « L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail ». In P. Falzon (Ed.), Traité d'ergonomie (pp. 359-373). Paris: PUF, 2004.

DANIELLOU F. « Entre expérimentation réglée et expérience vécue : les dimensions subjectives de l'activité de l'ergonome en intervention », @ctivités, vol. 3, no 1, 2006, p. 5-18, {www.activites.org}.

DARSES F. « L'ingénierie concourante : un modèle en meilleur adéquation avec les processus cognitifs de conception », In: P. Bossard, C. Chanchevrier & P. Leclair, Ingénierie concourante, de la technique au social, Paris, Economica, 1997, p. 39-55.

DARSES, F. « La conception participative : vers une théorie de la conception centrée sur l'établissement d'une intelligibilité mutuelle », In J. Caelen et P. Mallein Le consommateur au coeur de l'innovation : la conception participative, Editions du CNRS, 2004, p.25-41.

DARSES, F. « Analyse du processus d'argumentation dans une situation de reconception collective d'outillage ». Le Travail Humain, 69 (4), 2006, p. 317-348.

DARSES F., Falzon, P. « La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive », In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds.) Coopération et Conception. Toulouse, Octarès, 1996, 12 pages.

DARSES F., Sauvagnac C. « L'ingénierie concourante : un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs de conception », In P. Brossard, C. Chanchevrier et P. Leclair (Eds.) Ingénierie concourante : de la technique au social. Paris, Economica, 1997.

DARSES F., Cahour B., Poveda O., André-Thorin F., Delabie J.B., Pêcheux V., « Quelles sont les conditions pour la participation des opérateurs à la conception de leurs dispositifs de fabrication? », Proceedings of the International Conference SELF-ACE, Montréal. 2001.

DARSES F., Détienne, F., Visser, W. « Les activités de conception et leur assistance », In P. Falzon (Ed.), Ergonomie. Paris, Presses Universitaires de France, 2004, p. 545-563.

DARSES F., Wolff M. « How do designers represent to themselves the user's needs? », Applied Ergonomics (37), 2006, p. 757-764.

DE KEYSER V., Van Daele A. (éds), « L'ergonomie de conception », De Boeck-Wesmal, Bruxelles, 1989, 247p.

DE LA GARZA C. « L'intégration de la sécurité lors de la conception de machines à risques pour les opérateurs : comparaison de logiques différentes de conception », PISTES, vol 7, no 1, 2005. {www.unites.uqam.ca/pistes}.

DE TERSSAC, G. « Travail d'organisation et travail de régulation ». In. : G. de Terssac (coord), La théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud, Paris : La Découverte, 2003, pp. 121-134.

DE TERSSAC G., Friedberg E. (sous la direction de) « Coopération et conception », Toulouse : Octarès. 1996.

DE TERSSAC, G., Lalande, K. « Du train à vapeur au TGV : sociologie du travail d'organisation », Paris : Presses Universitaires de France, 2002.

DÉTIENNE F., « La réutilisation de solutions en conception : perspective socio-cognitive ». Comptes rendus de congrès SELF-ACE, Vol. 4. 2001, p. 19-23.

DÉTIENNE F., Martin G., Lavigne E. « Viewpoints in co-design: A field study in concurrent engineering », in: Design Studies, vol. 26, n° 3, 2005, p. 215–241.

DIDELOT A., « Contribution to the identification and the hazard control in the procès of design. Ph D Report, October 2001, 251 pages.

ÉDUCALOI, « Le carrefour d'accès au droit », Propos inspiré du site Internet, {En ligne}. {http://www.educaloi.qc.ca/lexique/A} (2006).

EFOR Conseil S.E.N.C. « Revue de littérature », L'intégration de l'ergonomie au processus de conception d'usine, Rapport final déposé à la CSST, 1999.

EKLUND J. « Une approche de développement de la qualité en ergonomie. Les transformations du travail, enjeux pour l'ergonomie », Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF) et association Canadienne d'Ergonomie (ACE) (CD Rom). 2001.

« Ergonomie et ingénierie », Actes du 29e Congrès de la SELF, Edition Eyrolles. Paris, 21-23 septembre 1994,

« Éthique et déontologie : L'obligation de bien connaître et respecter les normes de sécurité », PLAN, Mars 2006, pp. 34-35.

FADIER E., NEBOIT M., CICCOTELLI J. « Intégration des conditions d'usage dans la conception des systèmes de travail pour la prévention des risques professionnels. Bilan de la thématique 1998 –2002 ». *Note Scientifique et Technique*, NS 237, INRS, Nancy, 2003. 39 pages.

FADIER E., DE LA GARZA C., « Towards a proactive safety approach in the design procès : the case of printing machinery », In Safety Science, spécial issue Safety by Design – Based in a Workshop of the New Technology and Work Network, Edited by Hale B. Kirwan and U. Kjellen, Volume 45, Issues 1-2, pages 1-328, (January-February 2007). Pages 199-229.

FALZON, P. « Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie ». In P. Falzon (Ed.) Ergonomie, Paris : PUF, 2004, pp. 17-35.

FLORÈS C. « Nouveau microprogramme en ingénierie de la sécurité du travail ». Revue Poly, Vol 6, no 1, hiver 2009, p. 16.

GAILLARD I., Lamonde, F. « Ingénierie concourante et conception collective : le point de vue de l'ergonomie », Revue de Psychologie du Travail et des Organisations. Numéro spécial « Compétences des collectifs », L'Harmattan, 2000.

GARRETY K., Badham G. "The Politics of Socio-technical Interventions : An Interactionnist View", Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 12, no 1, 2000, pp. 103-118.

GARRIGOU A. « Les apports des confrontations d'orientations socio-cognitives au sein de processus de conception participatifs ». Mémoire de Thèse de doctorat de 3° cycle d'Ergonomie. Paris, Laboratoire d'Ergonomie et de Neurosciences du Travail, C.N.A.M, 1992.

GARRIGOU A. « La compréhension de l'activité des concepteurs : un enjeu essentiel », In : C. Martin et D. Baradat (coord.). Des pratiques en réflexion, 10 ans de débats sur l'intervention ergonomique, 2003, p. 33-47.

GARRIGOU A., Thibault J.F., Jackson M., Mascia F. « Contributions et démarche de l'ergonomie dans les processus de conception », PISTES, vol. 3, no 2, 2001, {En ligne}. {www.unites.uqam.ca/pistes}.

GENEST B.A. et Nguyen T.H., «Principes et techniques de la gestion de projets », Laval, Les Éditions Sigma Delta, Édition 2002, 448 pages.

GHAVITIAN Z., Dossier gestion des risques, Revue Plan, Avril 2007, p. 7.

GILLIGAN C. « Remapping the moral domain : New images of self in Relationship » In C. Gilligan, J.V. Ward & J.M. Taylor (Eds.) Mapping the moral domain, Cambridge MA, Havard University Press, 1988, pp. 3-19.

GIRÉ A., Béraud A., Déchamps P., « Les ingénieurs identités en questions », L'Harmattan, Collection «Logiques Sociales», 2000, 245 pages.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, « Filière du génie conseils » Avril 2003, {En ligne}. {www.mdeie.gouv.qc.ca/fileadmin/sites/internet/documents/publications/pdf/Entreprises/secteurs_industriels/profils_industriels/genie_conseil.pdf}. (juin 2009).

GUÉRIN F, Laville A., Daniellou F. Duraffourg J., Kerguelen A. « Comprendre le travail pour le transformer », Anact, France, 2001, 287 pages.

GUIBERT S. « Évaluation ergonomique de la performance d'un changement organisationnel », Thèse de doctorat de 3° cycle d'Ergonomie. Paris, Laboratoire d'Ergonomie, C.N.A.M, 2009.

HARADJI Y. « De l'analyse de l'aide humaine à la conception d'une aide informatique à l'utilisation de logiciel », Thèse de doctorat d'ergonomie, Paris : CNAM. 1993.

HARADJI Y. et Faveaux L. « Évolution de notre pratique de conception (1985-2005): modéliser pour mieux coopérer à partir des critères d'utilité, d'utilisabilité ... », @ctivités. Vol 3, no 1, 2006.{En ligne}. {www.activites.org/v3n1/html/haradji.html}.

HATCHUEL A. « Coopération et conception collective : variété et crises des rapports de prescription ». In. : G. De Terssac et E. Friedberg, E. (coord), *Coopération et conception*, Toulouse: Octarès, 1996, pp. 101-121.

HATCHUEL A., Le Masson P., Weil B. « De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception ». Revue internationale des sciences sociales, no 171, 2002, pp. 29-42.

IEA (International Ergonomics Association), « EQUID Design Process », à paraître (version provisoire 1.10 du 7 avril 2008).

JACKALL R., « Moral Mazes », New York, Oxford University Press, 1988, 272 pages.

JURIDICTIONNAIRE, {En ligne}. {http://www.termiumplus.net/guides/juridi/files/829.html }. 2006.

LAMONDE F. « L'ergonomie et la participation des travailleurs », In : R.Blouin, A.Larocque, J.Mercier, S.Montreuil (Ed.), La réorganisation du travail, Actes du 50ième congrès des relations industrielles de l'Université Laval (2-3 mai), 1995, p. 147-163.

LAMONDE, F. « L'environnement relationnel de l'ergonome : un regard sur la pratique professionnelle », Comptes rendus du 35e congrès de la Société d'ergonomie de langue française, Toulouse : 20, 21 et 22 septembre 2000.

LAMONDE F., Beaufort P., Brun, J.-P., Montreuil, S. « L 'ergonomie et la SST : pour en finir avec l'ambiguïté », Travail et Santé , 9:2, 1993, pp. 21-26.

LAMONDE F., Beaudoin M., Beaufort P. « Besoin d'un ergonome? Quand et lequel? », La prévention au troisième millénaire : l'action au quotidien. Comptes rendus du 22e congrès de l'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail, Québec : 24, 25 et 26 mai 2000.

LAMONDE F., Viau A., Beaufort P., Richard J.-G. « La mémoire de projet : véhicule d'intégration de l'ergonomie et de la SST à la conception ? ». PISTES, Vol. 3, no : 1, 2001. (www.unites.uqam.ca/pistes)

LAMONDE F., Beaufort P., Richard J.-G. « La pratique d'intervention en santé - sécurité et en ergonomie dans des projets de conception. Étude d'un cas de conception d'une usine », Rapport de recherche R-318, Montréal, IRSST, 2002, {www.irsst.qc.ca}.

LAMONDE F., Beaufort P., Richard J.-G. « La pratique de l'ergonomie et de la prévention dans un projet de conception d'une usine », Modèles et pratiques de l'analyse du travail : 1988-2003, 15 ans d'évolution, Comptes rendus du 38e Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF), Paris, 24-26 septembre 2003.

LAMONDE F., Beaufort P., Richard J.-G. « La pratique de préventionnistes et d'ergonomes dans les projets: le cas de la conception d'une usine (partie 1 de 2) », *PISTES*, vol. 6, no 1, 2004. {www.unites.uqam.ca/pistes}.

LAMONDE F., Richard J.-G., Beaufort P. « Project Management, Ergonomics, Health and Safety: the Case of the Design of a Quebec Plant », Hygiène, sécurité et travail, INRS 2007, {www.hst.fr}.

LAMONDE F., Richard J.-G., Langlois L., Vinet A. Dallaire J., « Optimiser les situations de travail (efficacité et sécurité) en conception : une recherche sur la pratique des ingénieurs », Journal International sur l'Ingénierie des Risques Industriels, Vol. 1, No. 1, 2008. p. 21-33, {http://www.etsmtl.ca/zone2/recherche/rrsstq/JIIRI/CO01_IRI_08_F_Lamonde.pdf }.

LAMONDE F., Darses F. (s/d) « La pratique centrée situations de travail des concepteurs techniques: quel ancrage pour l'ergonome ? », Table ronde organisée, sur invitation, dans le cadre du 43ième Congrès de la Société d'ergonomie de langue française (SELF), Corse : Ajaccio, 17, 18 et 19 septembre 2008.

LAMONDE F., Richard J.-G. « Intégration de l'ergonomie dans les projets de conception : l'enjeu de la définition des rôles et responsabilités des opérations », Compte rendu du 41ième congrès de l'Association Canadienne d'Ergonomie, Québec : 14-17 octobre 2009a. (CD Rom ISBN 978-0-9732384-8-8).

LAMONDE F et Richard, J-G. « L'ergonomie des situations de travail : une aide à l'activité des concepteurs et des gestionnaires de projet », Compte rendu du 41ième congrès de l'Association Canadienne d'Ergonomie, Québec : 14-17 octobre 2009b. (CD Rom ISBN 978-0-9732384-8-8).

LANGLOIS L., « Anatomie du leadership. Pour diriger nos organisations d'une manière consciente », Presses de l'Université Laval, 2008, 138 pages.

LEBAHAR, J.-C. « L'activité de simulation d'un dessinateur CAO dans une tâche de conception », Le Travail Humain, 59 (3), 1996, p. 253-275.

LE GUILCHER B. « La conception dans les industries à risques », Table ronde organisée, sur invitation, dans le cadre du 43ième Congrès de la Société d'ergonomie de langue française (SELF), Corse : Ajaccio, 17, 18 et 19 septembre 2008.

LEDOUX É. « La concepion architecturale: qui sont les concepteurs? » In : C. Martin et D. Baradat (coord.). Des pratiques en réflexion, 10 ans de débats sur l'intervention ergonomique, 2003, p. 48-52.

LEDOUX É., Bellemare M., Trudel L., Montreuil S., Marier M., Laberge M. « La bibliothèque, un lieu de travail. Guide pratique en ergonomie pour concevoir les espaces », Les éditions ASTED, APSAM, 2006, 145 pages.

LEGAULT G.A. « Professionnalisme et délibération éthique : manuel d'aide à la décision responsable ». Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec, 1999.

LEMAÎTRE D. « La formation humaine des ingénieurs », Paris : PUF-Collection Éducation et formation, 2003, 200 pages.

LENFLE S., Midler C. « Stratégie d'innovation et organisation de la conception dans les entreprises amont », Revue Française de Gestion, vol. 28, no 140, 2002, p. 89-105.

MAZEAU M. et coll. « De l'analyse de l'activité à l'élaboration des solutions », Performances Humaines & Techniques, n° hors série (À quoi sert l'analyse de l'activité en ergonomie ?), 1995, p. 52-62.

MAYER P. « Challenger, les ratages de la décision. La gestion manquée d'un risque majeur ». Paris : PUF, collection «sociologie d'aujourd'hui». 2003.

MIDLER C. « L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise », Paris, Intereditions, 1993.

MIDLER C. « La logique de la mode managériale, Gérer et comprendre », Annales des mines, 1998, p. 74-85.

MINISTÈRE DE LA JUSTICE DU QUÉBEC, {En ligne}. {http://www.justice.gouv.qc.ca/francais/sujets/glossaire/code-civil.htm } (2006).

MOREL C. Les décisions absurdes : sociologie des erreurs radicales et persistantes, Paris, Gallimard. 2004.

MORINEAU, T., Parenthoën, M., « Une présentation de l'approche écologique en psychologie ergonomique ». Psychologie Française 48, 2003, p.77-88.

MUCCHIELLI, A. « Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines » (2e éd.). Paris, Armand Colin. 2004,

« Négligence criminelle, personne n'est à l'abri », Plan, mars, 2006, p. 34-35.

NEGRONI P., Haradji Y. « Ergonomie et Conception », Actes du 43e Congrès de la SELF, Ajaccio, 17-19 septembre 2008, ANACT.

OIQ. « Les compétences des ingénieurs en matière de gestion des risques », 2002a.

OIQ. « Le Code de déontologie des ingénieurs, ça nous regarde… et on y voit », 2002b.

OIQ. « Guide de pratique professionnelle », Montréal, 2003, {En ligne}

{http://www.oiq.qc.ca/documents/126/guide_pratique_fr.pdf}

OIQ. « Dossier Sécurité des machines », Revue *Plan*, mars, 2006.

OIQ. Revue Plan, Février 2009a. {En ligne}
{www.oiq.qc.ca/documentation/pdf/Tarifs_PLAN_2008complet.pdf}.

OIQ. « Rapport annuel 2007-2008 », mai 2009b. {En ligne}
{www.oiq.qc.ca/documentation/pdf/oiq_rapport_annuel_2007-2008.pdf}

OIQ. « Rapport annuel 2005-2006 », mai 2009c. {En ligne}
{http://www.oiq.qc.ca/documentation/pdf/oiq-rapport-annuel-2006.pdf }

OTPQ (Ordre des technologues professionnels du Québec). «Rapport annuel 2007-2008» {En ligne} {http://www.otpq.qc.ca/publications/documents/RapportVF.pdf}

PAPINEAU, J.-M. « Les responsabilités de l'ingénieur en matière de gestion des risques », Plan, avril 2007.

« Performances Humaines & Techniques », N° hors série (Activité et ingénierie : coopérations et complémentarités), 1999.

PERRENOUD P. «La qualité d'une formation se joue d'abord dans sa conception», Pédagogie collégiale, vol. 11, no 4, 1998, p. 21.

PICARD P. «La gestion des risques : une culture à développer. L'Ordre des ingénieurs estime qu'il y a place à amélioration et veut que les jeunes entendent le message», Les affaires, 30 octobre 2004, p. 50.

POLANYI M.F., Cole D.C., Ferrier S.E., Facey M. « Paddling Upstream : a Contextual Analysis of Implementation of a Workplace Ergonomic Policy at a Large Newspaper », Applied Ergonomics, vol. 36, no 2, 2005, p. 231-239.

RACINE L., Legault G.A., Bégin L. « Ethique et ingénierie », Montréal, McGraw-Hill, 1991, 192 pages.

REUZEAU F. « Finding the best users to involve in design : a rationnal approach », Le Travail Humain, tome 64, n°3, 2001, p. 223-245.

REST J.R., Narvaez D. (Eds.), « Moral development in the profession », Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1994.

RICHARD J.-G., Bellemare M., « Intégration de l'ergonomie au processus de conception d'une usine d'abattage de volailles », Études et recherches / Rapport R-113, Montréal, IRSST, 1995, 105 pages.

ROY M., Bilodeau D.L., « Stratégie d'intervention en situation conflictuelle : l'apport d'une démarche d'ergonomie de conception » Études et recherches / Rapport R-326, Montréal, IRSST, 2003, 50 pages.

SCHÖN D.A. «The Reflexive Practitioner: How Professionals Think in Action», New York : Basic Books (USA). 1983.

SEGRESTIN D. « Les chantiers du manager », Paris : Armand Colin. 2004.

ST-VINCENT M., Toulouse G., Bellemare M. « Démarches d'ergonomie participative pour réduire les risques de troubles musculo-squelettiques : bilan et réflexions », *PISTES*, vol. 2, no 1, 2000, {www.unites.uqam.ca/pistes}.

STEVENSON W. J., Benedetti C. « La gestion des opérations, produits et services ». 2e édition, Chenelière/McGraw-Hill, Montréal , 2006. p. 390-404.

THEUREAU, J., Jeffroy, F. et coll. « Ergonomie des situations informatisées : la conception centrée sur le cours d'action ». Toulouse: Octares. 1994.

THEUREAU J. « Le cours d'action, méthode élémentaire », Toulouse : Octarès, 2004.

THEUREAU, J. « Cours d'action: méthode développée », Toulouse: Octarès, 2006, 395 pages.

TOFT Y., Howard P., Jorgensen G., « «Changing paradigms for Professional engineering practice towards safe design – an Australian perspective». Safe Science, 41, 2003, p. 273-276.

TOULOUSE G., Nastasia I., Imbeau D., Archer K., Gaboury C. « L'approche PVA-Kaizen, la SST et l'ergonomie ». In : Ergonomie et normalisation, Actes du XXXIXème congrès de la Société d'ergonomie de langue française / SELF (39e : 15-17 septembre, 2004 : Genève), Rey, P., Ollagnier, E., Gonick, V., Ramociotti, D. (éds), Octares, 2004, p. 103-111.

TOULOUSE G., Nastasia I., Imbeau D. « Étude de faisabilité en vue d'intégrer la SST et l'ergonomie à l'approche PVA-Kaizen (Feasibility study for the integration of OHS and ergonomics into the PVA-Kaizen approach) » Études et recherches / Rapport R-428 Montréal, IRSST, 2005, 90 pages.

TRÉVINO L.K. « Managing Ethics in Business Organizations : Social Scientific Perspective ». Stanford Business Books, Standford (Californie), 2003.

TRUDEL L., Simard C., Vonarx N., « La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire? ». Revue de l'Association pour la recherche qualitative (ARQ). Horssérie, (5), 2007, p. 38-45.

UNGER S.H., « Controlling technology: Ethics and the Responsible Engineer». Wiley-Interscience, 2e édition, 1994, 368 pages.

VIAU-GUAY A. « Analyse de l'activité déployée lors de difficultés professionnelles, contribution à la formation initiale des ergonomes », Thèse de doctorat sur mesure en ergonomie, Université Laval, 2009.

VIAU-GUAY A., LAMONDE F. « L'intégration de l'ergonomie dès la conception de l'organisation du travail pour une réduction des risques à la source : le cas des projets de certification à la norme ISO 9001 », *Travail et santé*, Volume 20, numéro 2, 2004, p. 28-32.

VIAU-GUAY A., BOURASSA B., LAMONDE F. « Analyse de l'activité d'intervention en milieu de travail dans une perspective d'action située et formation des futurs intervenants », Comptes rendus du 15ième Congrès de l'Association de psychologie du travail de langue française (AIPTLF), Québec, 19 au 22 août 2008.

VICENTE K.J. « Le facteur humain. Réinventer notre rapport à la technologie », Outremont : Les éditions Logiques, Montréal, 2004, 333 pages.

VILLENEUVE J. « Le programme PARC : aide à la conduite des projets architecturaux ». ASSTSAS. 1996. 31 pages. www.asstsas.qc.ca/article.asp?DocID=314

VINCK D. « Ingénieurs au quotidien, ethnographie de l'activité de conception et d'innovation ». Grenoble : PUG. 1999.

VINCK D. « Le travail d'ingénierie ». In. : G. Minguet et C. Thuderoz (coord), Travail, entreprise et société : manuel de sociologie pour ingénieurs et scientifiques, Paris : Presses Universitaires de France, 2005, p. 57-67.

VON HIPPEL, E. « The Dominant Role of the User in Semiconductor and Electronic Subassembly Process Innovation ». IEEE Transactions on Engineering Management, EM-24(2), 1977, p. 60-71.

WHYSALL Z.J., Haslam R.A., Haslam C. « Processes, barriers, and outcomes described by ergonomics consultants in preventing work-related musculoskeletal disorders », Applied Ergonomics, vol. 34, no 4, 2004, p. 343-351.

WOLFF M., Burkhardt J.M., De la Garza C. « Analyse exploratoire des 'points de vue' : une contribution pour outiller les processus de conception », Le Travail Humain, vol. 68, no 3, 2005, p. 253-284.

WOMACK J., Jones D. « Système Lean. Penser l'entreprise au plus juste », 2e éd. Paris : Pearson Éducation France, 2005, p. 17-33 et 299-329.

ANNEXE 1 : SYNTHÈSE DE L'INTERVENTION DE L'ERGONOME SPÉCIALISTE DANS LES PROJETS DE CONCEPTION

A1.1 Mise en contexte

La synthèse proposée ci-après est partielle et réalisée à titre indicatif. En effet, plusieurs écrits ont été produits sur cette question tant en ingénierie (par exemple, De Keyser et Van Daele 1989 ; Ergonomie et ingénierie 1994 ; Béguin 1997 ; Daniellou 1997 ; Darses 1997 ; Benoît 2004 ; Darses et coll 2004) qu'en informatique (par exemple, Negroni et Haradji 2008) et en architecture (par exemple, Ledoux et coll. 2006). Ces publications émergent largement des recherches réalisées sur la pratique professionnelle de l'ergonomie en contexte de conception et, plus secondairement, de recherches sur la pratique professionnelle d'ingénieurs concepteurs. Soulignons notamment l'apport de neuf recherches québécoises en ergonomie de conception financées par l'IRSST (dont 7 en lien avec des projets d'ingénierie : Richard et Bellemare 1995 ; Bellemare et Garrigou 1997 ; Lamonde et coll. 2002 ; Bellemare et coll. 2003 ; Roy et Bilodeau 2003 ; Benoit 2004 ; Lamonde et coll. à paraître).

Cependant, peu de recensions permettant d'en avoir une vision globale sont disponibles. Au Québec, la seule réalisée, financée par l'IRSST et en lien avec les projets d'ingénierie, remonte à dix ans (Efor 1999).

De même, aucune formalisation opérationnelle pouvant servir de «guide de pratique» n'est proposée à l'exception notable de EQUID (IEA 2009), de Villeneuve et coll. (1996), de Ledoux et coll. (2006) et enfin, de Brisson et coll. (1997 et 1999). Cependant, ces guides de pratiques s'appliquent soit à des projets de conception de produits (IEA 2009), soit à des projets architecturaux (pour des bâtiments du secteur hospitalier dans le cas de Villeneuve 1996, pour des bibliothèques publiques dans le cas de Ledoux et coll. 2006), soit enfin à la conception d'équipements informatiques grand public (Brisson et coll. 1999) ou destinés à l'usage d'employés (Brisson et coll. 1997); dans ce dernier cas, il s'agit de guides de pratique à usage interne produits par EDF.

Ainsi, «un guide de pratique» appliqué aux projets de conception en ingénierie d'installations de production reste encore à élaborer et fera l'objet d'une demande de financement ultérieurement, tel que mentionné à la section 7.2.

A1.2 Vue synthétique de l'intervention de l'ergonome en contexte de conception

Le spécialiste nommé responsable de l'ergonomie des situations de travail réalise des interventions dans le but d'influencer : 1) la structuration même du projet; 2) les choix de conception en tant que tels. Dans ce dernier cas, il peut s'agit tant des choix réalisés au niveau d'un concepteur donné, de plus d'un concepteur (arrangement d'ensemble) que des gestionnaires des projets (arbitrage des conflits de critères notamment entre les besoins «situations de travail» et d'autres besoins des opérations d'une part et entre les besoins «situations de travail» et les contraintes du projet d'autre part).

Influence sur la structuration du projet. L'ergonome contribue à :

- énoncer des objectifs projets «situations de travail» (problématiques prioritaires à traiter, notamment eu égard aux usines en exploitation);
- adapter la structuration formelle du projet au démarrage du projet mais également au fur et à mesure de son avancée (en fonction du contexte de la conception «ici et maintenant», la conception étant un processus évolutif) favorisant ainsi sa mise en œuvre effective.

Influence sur les choix de conception. L'ergonome contribue à :

- réaliser les analyses d'activité (diagnostic) et les projections d'activité (pronostic) lorsque celles-ci sont plus complexes (exigences des compétences plus poussées que celles maîtrisées par les non-spécialistes des situations de travail intervenant dans le projet) ou représentent des enjeux majeurs, ciblés au niveau des objectifs du projet;
- superviser les analyses d'activité (diagnostic) et les projections d'activité (pronostic) par des non ergonomes (agit comme coach ou coordonnateur) lorsque celles-ci sont moins complexes et présentent des enjeux moins majeurs;
- mettre les choix de conception à l'épreuve des situations de travail, en dehors des silos et frontières artificiellement créés par les projets (conception en lots, divisions par secteurs, etc.);
- faire remonter les contradictions et les choix de compromis le long de la ligne hiérarchique si un acteur projet trouve qu'une solution ne fait pas de sens (faire arbitrer les conflits de critères, ne pas laisser le poids de la décision à l'ingénieur de projet) ;
- assurer la traçabilité et le suivi des besoins des opérations de type «situations de travail» (mitigation des risques «situations de travail» tout au long du projet);
- assurer la circulation de l'information relative à ces besoins entre l'équipe conception et l'équipe opérations;
- lister les problématiques résiduelles «situations de travail» à l'issue des projets, à transmettre aux opérations afin de faciliter l'appropriation et l'exploitation des nouvelles installations;
- travailler de concert avec le formateur à la spécification des besoins de formation, en lien avec le travail réel et exploiter les projections d'activité à la fois au profit de la conception et de l'appropriation des futures installations;
- réaliser le *post mortem* du projet afin de mesurer la performance du projet eu égard aux situations de travail et ce, à court comme à moyen et long terme (en suivant les problématiques d'usages présentes en cours d'exploitation de ces installations);
- alimenter les efforts d'amélioration continue des processus et procédures de gestion des projets d'ingénierie.

ANNEXE 2 : FONDEMENTS MÉTHODOLOGIQUES : ÉTAT DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES SUR LA PRATIQUE DES INGÉNIEURS ET CADRES THÉORIQUES

La section 1 avance une série d'arguments pratiques et scientifiques qui justifient de se pencher sur l'objet d'étude : la prise en compte des situations de travail par les ingénieurs intervenant dans les projets de conception d'installations de production. En recherche, il y a un ordre de raison à respecter entre ontologie, théorie et méthodologie. Une fois l'objet d'étude identifié, en lien avec les besoins de transformation des milieux de travail (ou, plus généralement, «une problématique technologique» au sens défini dans Theureau, Jeffroy et coll. 1994), il convient de préciser l'épreuve scientifique à surmonter pour l'étude de cet objet. De là, émergent des critères pour identifier les théories les plus susceptibles de contribuer à surmonter cette épreuve de même que les principes et les méthodes de recueil et d'analyse des données à privilégier.

C'est dans cette optique qu'a été réalisée la revue de littérature présentée ci-après. Celle-ci a été réalisée au démarrage du projet, donc avant 2006, et a conduit à préciser les phénomènes qui caractérisent la pratique des ingénieurs en conception, au choix des candidatures théoriques cohérentes avec ces phénomènes (synthétisés plus loin) et enfin, aux choix méthodologiques (synthétisés en section 2 du rapport). Contrairement à la majorité de la littérature abordée en section 1, il s'agit de recherches menées principalement en contexte de conception, mais non nécessairement en lien avec la problématique spécifique de la prise en compte des situations de travail.

Le travail des ingénieurs est décrit dans la littérature comme un processus décisionnel en tout temps lié aux circonstances particulières, comportant des dilemmes moraux à résoudre et participant à la construction d'un réseau social. La façon dont ces trois dimensions sont intégrées dans la pratique n'est cependant pas abordée. Or, les recherches répertoriées justifient de privilégier une approche par contingence capable de documenter en parallèle, au cours d'un même projet, les dimensions cognitives, éthiques et sociales de la pratique.

A2.1 Les phénomènes caractérisant la pratique de l'ingénieur en contexte de conception

Il est question ici de la pratique en situation concrète de travail, non de celle exposée dans les manuels de référence et les formations s'adressant aux ingénieurs. Elle a jusqu'ici été surtout abordée sous l'angle du processus décisionnel, cognitif (A2.1.1) ou éthique (A2.1.2), et du processus de régulation sociale (A2.1.3). Dans tous les cas, les recherches montrent que les dynamiques individuelles et collectives qui caractérisent cette pratique sont indissociables, bien que rarement étudiées de manière intégrée.

A2.1.1 Un processus décisionnel lié aux circonstances et abritant des conflits de valeur

Schön (1983) est un des premiers chercheurs à s'être penché sur la dimension cognitive de «l'agir professionnel», dont celui des ingénieurs. Examinant attentivement le comportement réel de praticiens variés (architectes, psychothérapeutes, ingénieurs, planificateurs et gestionnaires),

Schön a colligé un échantillon d'esquisses de pratiques en se concentrant sur des épisodes où un praticien expérimenté essaie de montrer à un nouveau venu comment agir pour concevoir un artefact; la conception de cet artefact n'est cependant pas réalisée en contexte réel de projet. Plus récemment, Brassac et Grégori (2003) ont analysé une séance où un groupe de cinq ingénieurs travaillent à imaginer un dispositif mécanique à installer sur une machine-outil. La recherche examine plus spécifiquement un épisode d'environ deux heures où il y a émergence d'une solution de principe permettant une intégration des points de vue et des compétences de chacun.

Ces études ne décrivent donc pas la pratique de l'ingénieur dans sa globalité et dans le contexte dynamique de la conception. En revanche, elles mettent en évidence trois caractéristiques pertinentes de cette pratique. D'abord, selon Schön (1983), la pratique des ingénieurs répondrait aux mêmes impératifs que toute autre pratique professionnelle. Ensuite, elle serait assimilable à un processus cognitif de dialogue (ou de conversation) avec la situation, processus qui inclurait la prise en compte, par l'individu, de ses propres valeurs. Plus spécifiquement, pour Schön (1983), tout professionnel tente de résoudre un problème en s'arrêtant aux particularités de la situation : il ne cherche pas une solution standard mais une solution adaptée à la singularité du problème. Cependant, ce problème n'est pas déterminé : bien le cerner est déjà en soi problématique. «Converser avec la situation» consiste donc à le structurer, à découvrir les conséquences et les implications de différentes solutions alternatives au problème ainsi structuré et enfin, grâce au nouvel éclairage sur la situation qui résulte de ces efforts, à structurer à nouveau le problème. La situation singulière et imprécise se clarifie au fur et à mesure que le professionnel tente de la transformer et elle se transforme par les efforts consacrés à la comprendre. Enfin, l'analyse de la signification que l'ingénieur donne à ses actions (y compris ses communications) donne accès à la dimension sociale et interactive caractérisant cette pratique professionnelle (Brassac et Grégori, 2003).

Ces trois caractéristiques rejoignent les recherches en anthropologie cognitive située. Par exemple, Theureau (2004 : 48-57) propose que l'ensemble des activités humaines peut être éclairé grâce à l'étude du cours d'action, c'est-à-dire «*l'activité d'un (ou plusieurs) acteur(s) engagé(s) dans une situation, qui est significative pour ce (ou ces) dernier(s) (...)*». La pratique des ingénieurs est donc, là encore, assimilable à celle d'autres professions et en tout temps liée aux circonstances particulières. Cependant, le cours d'action appréhende la pratique dans sa totalité dynamique, sans «isoler» l'activité collaborative ou la résolution de problème du contexte plus général d'action. En se centrant sur la signification que l'acteur accorde à ses actions et à ses interprétations, l'étude du cours d'action rend compte de la «*totalité dynamique de jugements perceptifs, proprioceptifs et mnémoniques d'actions, de communications, de sentiments et d'interprétations d'un (ou plusieurs) acteur(s)*», de ses contraintes et de ses effets.

Trois sortes de contraintes de l'organisation du cours d'action sont distinguées, soit l'état de l'acteur (âge, sexe, caractéristique des systèmes perceptifs, etc.), sa culture et enfin la situation à laquelle il est confronté. De même, trois sortes d'effets sont documentés : les effets sur les acteurs (fatigue, santé, etc.), les effets sur la situation (efficacité en quantité et en qualité) et les effets sur le référentiel (transformation de la compétence). La notion de «situation» réfère (sans s'y limiter) aux tâches prescrites à l'acteur (par exemple, en situation de conception, les résultats attendus de l'ingénieur, la démarche de conduite de projet prescrite, etc.). Les notions d'«état» et de «culture» indiquent bien qu'il n'y a pas de raison *a priori* pour que les éléments convoqués dans la décision, ici et maintenant, se réduisent à la seule connaissance de cette tâche prescrite :

l'état de santé, la fatigue, etc. de même que les valeurs propres à l'individu ou partagées par une population donnée (par exemple, la communauté des ingénieurs) interviennent dans une décision, à titre de contrainte (ou de déterminant) et d'effet.

L'étude de cours d'action permet donc d'appréhender «ce rapport particulier au contexte» qui amène les chercheurs du Centre de Recherche en Gestion (CRG), intéressés par la conception (dont Midler, Charue-Duboc et d'autres; ex. : Midler 1998, Charue-Duboc et Midler 2002), à considérer que l'innovation s'étudie mal *a posteriori* et à privilégier le recours à des démarches d'observation en temps réel. Par ailleurs, l'étude du cours d'action a été appliquée dans le cadre de recherches empiriques touchant des pratiques professionnelles variées dont celles d'ergonomes (Lamonde et coll. 2000) et d'informaticiens (Haradji,1993). Or, elles mettent en évidence des phénomènes qui convergent avec des observations récentes sur la pratique des ingénieurs, mis en évidence via des approches propres à l'éthique appliquée (section 3.1.2) de même qu'à la sociologie des organisations et à l'ethnographie (section 3.1.3).

A2.1.2 Des dilemmes moraux à résoudre

Au Québec, l'éthique professionnelle des ingénieurs s'est institutionnalisée essentiellement à partir du code de déontologie. Cette approche normative table sur l'apprentissage et le respect du code lui-même, des lois et des règlements pour orienter la prise de décision. Comme souligné précédemment, l'article 2.01 du Code de déontologie des ingénieurs occupe une place prépondérante : les ingénieurs doivent respecter leurs obligations envers l'être humain et tenir compte des conséquences qu'auront leurs travaux sur l'environnement et sur la vie, la santé et la propriété des personnes (OIQ 2002b).

Les recherches touchant les aspects moraux du travail des ingénieurs visent majoritairement à cerner dans quelle mesure ceux-ci obéissent au cadre légal censé gouverner leur pratique, à préciser jusqu'où ils se sentent responsables des conséquences de leurs décisions pour autrui et à vérifier jusqu'à quel point ils mesurent ces conséquences. Bien que les courants théoriques issus des différentes écoles éthiques se chevauchent, ces recherches sont donc «kantiennes» (fondées sur les obligations) ou «conséquentialistes» (ou utilitaristes, basées sur une évaluation des actions selon leurs conséquences). Des auteurs américains comme Baum et Flores (1979) et Jackall (1988) observent chez les ingénieurs une forte influence du cadre légal : les ingénieurs suivent majoritairement la règle même si cela leur crée des dilemmes moraux et même s'ils évaluent que cela générera des conséquences négatives pour autrui. Ils rejoignent en cela les conclusions d'une étude plus ancienne menée par Alger et coll. (1965). Plus récemment, Racine et coll. (1991) font le même constat à propos des ingénieurs québécois. Avec Unger (1994), Von Hippel (1977) ces auteurs avancent donc que, tout en prenant des décisions fortement influencées par la règle, les ingénieurs se sentiraient concernés par les conséquences de ces décisions pour autrui. En cela, ils manifesteraient cette sensibilité éthique qui, selon Trévino (2003), engendre un processus décisionnel faisant place à la responsabilité professionnelle.

Le courant «de la délibération éthique» regroupe quant à lui des recherches centrées sur la professionnalisation et sur l'étude de la réflexion éthique en situation de dilemme moral. A notre connaissance, il s'est intéressé à ce jour à des pratiques comme le travail social (ex. : Rest et Narvaez 1994) et le nursing (ex. : Gilligan 1988), non à celle des ingénieurs, à l'exception notable de Racine et coll. (1991) et de Legault (1999). Ces auteurs avancent, avec Unger (1994),

que la «compétence éthique délibérante» des ingénieurs reste à développer : leur processus décisionnel devrait faire davantage place à la réflexion avec soi et avec les autres, mieux équilibrer le poids de la déontologie et dépasser le stade de la seule obéissance à la règle.

Dans cette optique, Racine et coll. (1991) et Legault (1999) ont élaboré un guide pour aider les ingénieurs à mettre en oeuvre un tel processus. Ce guide convie l'ingénieur à prendre conscience des situations lui créant un dilemme moral en inventoriant les éléments qui la constituent et à évaluer les intérêts et parties impliquées de même que les lois et normes pertinentes. Le dialogue avec soi consiste ensuite à clarifier les valeurs conflictuelles et les émotions en cause puis à distinguer, parmi ces valeurs et émotions, celles qui sont prioritaires. Partant, l'ingénieur prend une décision basée sur divers arguments (liés à l'intérêt personnel, la réciprocité, la légitimité – l'ordre –, la loi et le traitement des personnes humaines) en formalisant ses critères de décision (exemplarité, réciprocité, impartialité / objectivité). Enfin, l'ingénieur est invité à établir un dialogue avec les personnes impliquées, peu importe leur rang hiérarchique, leur position dans l'entreprise ou leur profession. Ainsi comprise, cette démarche délibérante met l'accent sur la responsabilité, non au sens d'imputabilité (recherche du coupable), mais au sens d'une prise en compte des intérêts des autres et de la capacité de répondre de sa décision devant autrui. Racine et coll. (1991) précisent que la compétence éthique de l'ingénieur doit porter autant sur la démarche que sur le résultat. Ils rejoignent en cela les courants actuels en conception comme l'ingénierie simultanée (ex. : Bossard et coll. 1997, Charue-Duboc et Midler 2002), la sociotechnique (ex. : Garrety et Badham 2000) ou l'intégration de la SSE en conception (évoquée à la section précédente), de même que la gestion de la qualité (ex. : Eklund 2001). Sans référer nécessairement à l'éthique, tous ces courants invitent précisément à faire échec à la conduite séquentielle et monodisciplinaire des projets et à asseoir autour d'une même table, dès les premières phases des projets, l'ingénierie de produit et de production, diverses fonctions de l'entreprise (marketing, achats, ressources humaines, etc.) et le client. Elles convient donc, elles aussi, les ingénieurs à considérer le point de vue des personnes de rangs hiérarchiques et de professions différentes, à la fois pour programmer les projets et pour fixer les choix de conception.

Les travaux de Racine et coll. (1991) et de Legault (1999) reposent sur une connaissance approfondie du milieu de l'ingénierie, non sur une analyse systématique du processus décisionnel des ingénieurs en situation de dilemme éthique. Cependant, deux types de recherches mettent en évidence des éléments pertinents relatifs à ce processus décisionnel. D'une part, des recherches sur la responsabilité sociale ont documenté les suites de microdécisions qui ont conduit à des conséquences non éthiques majeures, comme les catastrophes technologiques de Tchernobyl, Challenger, Bhopal et Three Miles Island (ex. : Mayer 2003, Morel 2004). Ce faisant, elles ont montré que le processus décisionnel éthique est largement influencé par le contexte organisationnel et le système de régulation sociale dans lesquels pratiquent les professionnels. Ce constat va dans le sens des recherches sur les dimensions cognitives (3.1.1) et sociales (3.1.3) de la pratique des ingénieurs en conception. D'autre part, selon Bourgeault (2004), les professionnels de l'éducation et du domaine médical évalueraient les conséquences de leurs décisions pour autrui en laissant peu de place aux cas particuliers, la meilleure décision serait celle qui donne de bons résultats et qui est donc utile pour la majorité des personnes, dans la plupart des situations. Dans le cas des projets d'ingénierie, ce type de «jugement utilitaire» ferait obstacle à l'intégration de la SST et de l'ergonomie (3.2).

A2.1.3 Des échanges critiques entre les acteurs de la conception et de l'organisation

Les deux sections précédentes montrent que la coordination et la coopération sont parties intégrantes de la pratique individuelle de l'ingénieur. Cependant, comprendre comment chaque acteur projet prend ses décisions rationnelles et éthiques ne permet pas d'expliquer le résultat d'ensemble; de même, même si chacun prenait «de bonne foi et au meilleur de sa connaissance» des décisions intégrant le point de vue d'autrui, le résultat d'ensemble pourrait ne pas être optimal. Aussi, les recherches en sociologie des organisations et en ethnographie analysent-elles directement les mécanismes collectifs de coordination et de coopération qui se manifestent et se construisent à l'occasion des projets de conception. Ces recherches montrent que les ingénieurs en conception manifestent et construisent des mécanismes d'échange non seulement avec les divers acteurs du projet, mais également avec des acteurs de l'entreprise au sein de laquelle le projet est mené.

La pratique de conception est décrite par certains chercheurs comme un processus itératif de réduction d'incertitudes : c'est grâce à des mécanismes de coordination, d'échange de savoirs et de confrontation des points de vue que des solutions émergent progressivement (Hatchuel 1996; Charue-Duboc et Midler 2002; Segrestin 2004). Ces échanges participent à la structuration tant des actions des destinataires de la conception que des actions des acteurs de la conception eux-mêmes (De Terssac 2003). A partir de la recherche sociologique, la distinction évoquée à plusieurs reprises dans les sections qui précèdent réapparaît : les mécanismes d'échanges de savoirs participent à la définition des choix de conception mais également à la définition de la démarche de conception elle-même.

Sur le plan des choix de conception, suivant l'analyse de Vinck (1999, 2005), l'ingénieur construit un ensemble d'objets intermédiaires (maquettes, graphiques, dessins, etc.) qui constituent autant de traces à travers lesquelles se précisent les choix de conception. Bien que techniques et matériels, ces dispositifs sont aussi des productions sociales : ils prouvent «visiblement» que la conception n'est possible que par un réseau d'interactions sociales avec d'autres ingénieurs, techniciens, cadres, etc. C'est par la confrontation des points de vue, un ensemble d'échanges sociaux, qu'un objet de conception émerge peu à peu, suivant un processus itératif et interactif (Vinck 2005).

Tout n'est pas joué pour autant. La démarche de conception demeure en partie indéterminée et la réduction d'incertitudes, à ce niveau, est tout aussi prégnante. Si, en conception, les mandats sont relativement bien définis en termes d'objectifs techniques, financiers et temporels, ils demeurent vagues en ce qui touche les processus requis pour les atteindre (Segrestin, 2004). En particulier, il n'est pas possible de spécifier complètement et par avance tous les savoirs qui seront nécessaires et tous les acteurs à mobiliser (Hatchuel 1996). La gestion par projet crée une marge de liberté, de non-prescrit, qui ne sera résolue qu'à travers un échange social reposant sur la coopération entre de nombreux acteurs, une coopération dont il faut créer les conditions par des mécanismes souples de coordination. Une tension créatrice surgit naturellement entre des objectifs de conception assez bien cadrés et une marge de liberté beaucoup plus grande en ce qui a trait aux voies qu'il revient aux acteurs d'emprunter pour parvenir au meilleur résultat (Segrestin 2004).

Le résultat de la conception et la démarche à mettre en œuvre n'étant pas donnés *a priori* aux acteurs de la conception et ceux-ci ayant à trouver ensemble des solutions à ces niveaux, la pratique des acteurs de la conception provoque une activité collective d'apprentissage et de production de normes (Hatchuel et coll. 2002, De Terssac et Lalande 2002, De Terssac 2003). « *Cette production normative est fondée sur une analyse cognitive de la situation : les acteurs font une analyse critique des règles en vigueur, construisent de nouveaux savoirs qui servent de valeur d'arbitrage pour choisir des règles et se solidarisent autour d'une manière partagée de voir la situation et de concevoir leur action* » (De Terssac 2003 : 122).

Cependant, ces mécanismes d'interactions sociales et d'apprentissage collectif, typiques du moment de la conception, ne peuvent être compris comme un ensemble isolé, autonome, imperméable aux systèmes de régulation sociale plus large dans lesquels ils s'insèrent. Dynamique sociale du projet de conception et dynamique organisationnelle sont intimement liées. Les auteurs qui abordent cet aspect rendent compte d'observations empiriques mais soulignent également par là les défis que les acteurs de la conception ont à surmonter. Ces défis sont doubles et suggèrent autant de phénomènes auxquels il est pertinent de porter attention lorsqu'il s'agit de décrire la pratique d'ingénieurs en conception.

Un premier défi concerne la cohérence entre les principes de fonctionnement du projet et ceux, plus larges, de l'entreprise. D'un côté, la dynamique sociale qui se manifeste et qui est construite le temps du projet déroge à un principe central, considéré comme « naturel » dans l'entreprise traditionnelle : celui de la hiérarchie (structure linéaire), qui incarne la force de l'autorité (le responsable hiérarchique évalue et peut sanctionner) de même que la nécessité d'une coordination (le responsable hiérarchique tranche les juridictions entre les départements et fait le lien entre ceux-ci). Dans le cas des projets de conception multidisciplinaire et matricielle, qui nous intéressent plus particulièrement, la logique de coordination serait différente (Segrestin 2004). Les projets regroupent en effet différentes expertises professionnelles, provenant de différents départements. Les acteurs projets sont à égalité de statut, ou du moins partagent un statut équivalent sur le plan formel, sauf pour le chef de projet. L'autorité formelle, la hiérarchie et la conception verticale de l'encadrement y sont moins prégnantes. Sans être pour autant disparues, ces principes cohabiteraient avec d'autres, en émergence, plus dépendants de la réciprocité des échanges sociaux et de la confiance. Si bien qu'une large part de l'efficacité des projets résiderait dans la capacité des acteurs projets à transcender, par eux-mêmes, les divisions de juridictions traditionnelles et à travailler en réseaux multiples (Midler 1993; De Terssac et Friedberg 1996, Charue-Duboc et Midler 2002). D'un autre côté, l'entreprise «en situation de gestion par projet» reste assujettie aux contraintes du marché (ex. : Hatchuel et coll. 2002). Si bien qu'un arbitrage et une articulation demeurent nécessaires entre les acteurs projet et ceux qui portent la stratégie globale de l'entreprise. Ainsi, le projet n'échappe pas entièrement au principe d'autorité et ce, même si les acteurs projet s'expriment bien souvent hors des voies hiérarchiques habituelles. Sans un principe de hiérarchie qui impose une coordination entre les objectifs des différents groupes d'acteurs projet et le développement de l'entreprise, les forces centrifuges seraient excessives. En somme, la pratique des ingénieurs au sein du projet de conception doit aussi contribuer au développement de l'entreprise dans un espace concurrentiel. Au sein de l'entreprise, l'échange social est ainsi conditionné par l'échange économique.

Le deuxième défi, celui de l'apprentissage organisationnel, met l'accent sur une coordination projet / entreprise que l'on pourrait qualifier de «longitudinale». Puisque les objets et les

démarches de conception sur lesquels les ingénieurs travaillent le temps d'un projet, ainsi que les savoirs de ces derniers, sont en constante évolution, il importe que la firme se donne des mécanismes pour en suivre le développement. Par de tels mécanismes de coordination «entre l'actuel et le futur», il ne s'agit pas de s'approprier ces savoirs et de les codifier « une fois pour toutes » mais bien de susciter l'apprentissage collectif et l'innovation. Des acteurs projets efficaces et une firme bien gérée savent mettre en place de tels mécanismes pour que l'entreprise s'inscrive dans une dynamique d'innovation et progresse sur les marchés. Ils reconnaissent devoir dépasser la logique des projets spécifiques pour inscrire les apprentissages qui en découlent dans la vie de l'entreprise (Hatchuel et coll. 2002).

A2.2 Nature de la pratique de l'ingénieur en conception et cadre théorique sous-jacent à son étude

La section précédente permet de préciser l'épreuve scientifique à surmonter. Globalement, les phénomènes qui caractérisent la pratique des ingénieurs intervenant dans un projet de conception sont synthétisés dans l'encadré ci-après. Ils constituent des critères pour identifier les théories les plus susceptibles de contribuer à surmonter cette épreuve de même que les principes et les méthodes de recueil et d'analyse des données à privilégier.

Les phénomènes énoncés dans cet encadré justifient d'étudier la pratique des ingénieurs simultanément sous les angles de la cognition située, de l'éthique délibérative et de la sociologie des organisations et ce, en situation naturelle et en temps réel. Cette variété d'approches complémentaires, nécessaire pour appréhender l'objet d'étude, se reflète dans la structuration de l'équipe de chercheurs, tel que précisé en section 2. Ces options théoriques sont à la fois complémentaires et compatibles, ce qui favorisera le couplage du recueil et de l'analyse des données, de manière itérative, tout au long de la recherche.

Les approches cognitives et éthiques, tout en paraissant plus «personnelles» ou «individuelles» interrogent fondamentalement le mode de gestion des organisations et des projets. Au cœur de notre questionnement, se loge la capacité des professionnels et des organisations qui les emploient à supporter l'apprentissage et la mise en œuvre de démarches de coopération avec autrui. L'approche cognitive a une portée limitée pour comprendre la dynamique sociale dans laquelle s'insère la pratique des ingénieurs en conception, de même que le processus décisionnel de résolution de dilemmes moraux. Cette limite est liée au fait que peu d'acteurs peuvent être suivis en parallèle; d'où le recours aux démarches complémentaires inspirées de la sociologie des organisations et de l'éthique appliquée, tournées vers des ensembles plus grands d'acteurs de la conception et également complémentaires entre elles

Encadré A2.2 : Énoncés provisoires sur la nature de la pratique professionnelle de l'ingénierie de conception cadrant les principes de son étude (détaillés)

Phénomènes tirés des recherches sur l'activité cognitive des ingénieurs

La pratique de l'ingénieur met en jeu des activités cognitives (c'est-à-dire des activités qui sont à la fois l'expression de savoirs et l'occasion d'une construction de savoirs) en tout temps liées aux circonstances particulières qui, ici et maintenant, se présentent à lui et sont construites par lui en retour.

- Elle s'inscrit dans le cours d'une vie, c'est-à-dire qu'elle est issue de toutes les actions passées de l'ingénieur et de tout son bagage culturel (professionnel ou non) ; en retour, elle participe à construire sa culture.
- La situation d'intervention est relative à l'ingénieur lui-même. C'est lui qui donne un sens à la situation et à ce qu'il fait pour construire le chemin de son intervention en même temps qu'il le découvre.
- L'ingénieur n'est pas un intervenant isolé, son activité cognitive est orientée vers et est influencée par autrui.
- Bien que la pratique de l'ingénieur soit issue de son expérience et de sa culture et bien que chaque projet de conception soit un cas particulier, la pratique de l'ingénieur ne relève pas du génie individuel. Il est possible d'en dégager des caractéristiques qui transcendent ces spécificités.

Phénomènes tirés des recherches en éthiques et ingénierie

- La sensibilité éthique est nécessaire pour engendrer une réflexion éthique, i.e. cette sensibilité s'inscrit dans un processus décisionnel éveillant à la responsabilité professionnelle et où l'ingénieur se sentirait concerné par les conséquences de ses décisions pour autrui (lien avec 2.01).
- La réflexion éthique met en jeu la prise de conscience, par l'ingénieur, des situations pouvant lui créer un dilemme moral (où ses valeurs entrent en contradiction).
- La présence d'un dilemme moral peut entraîner l'établissement d'un dialogue avec soi et avec les autres (peu importe leur rang hiérarchique, leur position dans l'entreprise ou leur profession) permettant de s'engager dans un processus de clarification des valeurs en conflit.
- Une démarche de décision éthique entraînerait un résultat optimal.

Phénomènes issus des analyses socio-organisationnelles des projets de conception

- La pratique individuelle des ingénieurs en conception manifeste et construit des mécanismes collectifs de coordination et de coopération.
- Les mécanismes collectifs qui se manifestent et se construisent au moment de la conception ne peuvent être compris comme un ensemble isolé, autonome et imperméable aux systèmes de régulation sociale plus large dans lesquels ils s'insèrent : dynamique sociale du projet et dynamique organisationnelle sont intimement liées.
- La dynamique sociale typique des organisations traditionnelles repose sur le principe central de la hiérarchie (structure linéaire) qui incarne la force de l'autorité et qui coordonne les activités. Celle typique des projets repose sur la réciprocité des échanges sociaux et de la confiance, la conception verticale de l'encadrement y étant moins prégnante (les projets étant un regroupement d'expertises professionnelles provenant de différents départements où les acteurs sont à presqu'égalité de statut sur le plan formel, sauf pour le chef de projet).
- L'entreprise «en situation de gestion par projet» reste assujettie aux contraintes du marché, si bien qu'un arbitrage et une articulation demeurent nécessaires entre les acteurs projet et ceux qui portent la stratégie globale de l'entreprise. Ainsi, le projet n'échappe pas entièrement au principe d'autorité et ce, même si les acteurs projet s'expriment bien souvent hors des voies hiérarchiques habituelles.

ANNEXE 3 : PRINCIPES ET MÉTHODES DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES

Cette annexe fait suite à la section 2 portant sur la méthodologie de la recherche. Elle présente trois méthodes de recueil de données utilisées afin de réaliser l'analyse de l'activité cognitive des acteurs projets rencontrés (A3.1), l'analyse éthique (A3.2) ainsi que la validation des résultats via un questionnaire électronique (A3.3).

A3.1 Protocole d'analyse de l'activité cognitive (exemple d'analyse du cours d'action)

Le tableau A3.1 de la page suivante présente un exemple, pour un des trois ingénieurs suivi, de deux types de protocole d'analyse : 1) à partir de traces de l'activité reconstituées *a posteriori* (signe no 4, correspondant au début de 2006, donc à un moment du projet antérieur à l'arrivée des chercheurs); 2) à partir de traces de l'activité en temps réel (signe no x).

Dans ce tableau, les codes suivants ont été utilisés :

- pour des raisons de confidentialité, le nom d'une étape du procédé de production est remplacé par un W, celui d'un équipement est remplacé par un X, celui d'une personne par un Y, celui d'un lieu par un Z. La lettre est suivie d'un chiffre pour indiquer s'il s'agit ou non du même procédé, équipement, personne, endroit. Enfin, les noms du donneur d'ouvrage et de la firme conseil sont respectivement remplacés par DD et FC;

- les dates entre parenthèses (ex. : 071106) correspondent à la date de la verbalisation en autoconfrontation.

A la suite de ce tableau, les composantes du signe hexadique (dernière colonne) sont définies.

Tableau A3.1 : Extrait d'un protocole d'analyse de l'activité cognitive des ingénieurs (étude de cas).

Repère temporel	Actions- communications	Verbatim	Analyse du signe hexadique (voir définition des composantes du signes plus loin)
A partir de janvier 2006 (…)	(…)	(…)	Signes 1 à 3 (…)
Début 2006 (après la nomination de l'ingénieur sur le projet)	Prend connaissance des concepts qui sont sur la table : - on a plus de X1, certains sont dédiés (en fonction du produit) - on centre X2, donc on a deux X3 et on sort X4 par le centre - on W1 à un endroit unique, à la sortie des X1, avec deux X4 et on place les produits à deux endroits - on ajoute un X5 pour remplacer le X6 Regarde les alternatives en tenant compte des besoins à l'interne. (070116)	C'est de voir des alternatives…. (…) Puis le downing force là-dedans, dans ce projet là c'est les coûts. On développe un concept, là l'ingénierie dit : on va vous calculer comment ça coûte. Tant de $$$! Ayoye! Trop cher! Fait que c'est un peu…on développe quelque chose, l'ingénierie fait un estimé sommaire, trop cher. Je retournais. Fait que moi ma job, c'est….chaque fois que j'allais là c'était pour dire que c'était trop cher, retourne à Z1. (…) À Z1, je travaille avec le surintendant de production, des gens techniques (Y1, on était copains, bon), pour pas nommer de nom, le chef des projets de développement côté produit, il a une bonne expertise, on contacte ces gens là. On contacte un peu les superviseurs pour avoir leur pouls, leur feeling. Aussi, je contacte le génie industriel, il y a des patenteux dans ce coin là, parfait, c'est excellent!. Il nous faut des idées évidemment, après ça, faut les épurer et puis il faut les encadrer là mais c'est important d'avoir la génération d'idées puis de concepts. Donc ça se déroule comme ça. Descend à Z1, contacte ces gens là, dépendamment de leur affinités et leurs habiletés aussi, je connais quand même ces gens là donc, contacte ces gens là, fais une réunion au besoin. Réunis ces gens là au besoin pour confronter, c'est pas un bon mot mais, au moins établir un consensus et puis on….ou décider. Dépendamment des complexités, et des affinités des gens.	**Signe 4** U : Travaille sur différentes problématiques de conception, à établir le besoin du DD. R : Sa récente nomination et le concept, tel qu'il est développé, au moment de son arrivée. E1 : Trouver des alternatives au concept, sachant que les coûts sont trop élevés, qu'il présente des difficultés, des incertitudes, etc. E2 : Établir un certain consensus, à l'interne (DD), tenant compte des points de vue des opérations (surintendant production), des services techniques (Y1). E3 : Favoriser une certaine créativité, générer des idées, au sein du DD, en rencontrant des personnes créatives et en rencontrant des personnes porteuses de points de vue différents, quitte à trier par la suite, épurer, encadrer cette créativité. A1 : S'attend souvent à se faire dire non par l'ingénierie FC à cause des coûts. S1 : L'expertise de Y1 en développement. S2 : Génie industriel regroupe des patenteux, capables de générer des idées mais qu'il faut encadrer, dont les idées sont à trier par la suite. S3 : Les affinités et habiletés des personnes à consulter pour établir un consensus, confronter les idées.
De début 2006 au 18 avril 2007 (…)			Signes 5 à 47

18 avril 2007 (SSHE)	Reçoit des commentaires de Z2 concernant la hauteur de X7 et interprète ces commentaires en ce qui a trait à l'entretien.	Au niveau de la SSHE…parce qu'à date les gens qui ont été impliqués au niveau de la base (…) il y a un électro-technicien et il y a son superviseur, puis des gens de sécurité, puis des gens à l'hygiène, environnement. (…) ces gens là qui habituellement sont aux réunions SSHE. il y a une autre réunion qui va être appelée d'ici deux semaines (…) il y a beaucoup d'éléments qui ont ressorti sur cet équipement là puis il y a un, c'est un aspect entretien : comment ils vont entretenir ça, (…) l'entretien voulait avoir des facilités d'entretien, ce qui est pas, ce qui est tout à fait correct là! (…) l'entretien et puis on parle de l'aspect mécanique, l'aspect électro-technique, l'aspect contrôle là-dessus (…) il y a deux aspects avec ça…pour l'entretien e : 1) c'est plus compliqué. Donc, quand c'est plus compliqué, bien ça demande plus d'entretien ; 2) faut le dire, il y a l'aspect humain. C'est que l'organisation elle dit : vous vous organisez même si c'est…plus compliqué. Fait qu'il n'y aura pas plus de monde. Fait que pour eux autres, il va y en avoir plus *(plus de X7)*. C'est plus compliqué et il va y en avoir plus, donc c'est plus d'ouvrage. Puis on peut ….c'est plus compliqué. Puis le gars, il va être encore tout seul. Fait que lui, il voit….il voit ça d'un mauvais œil. (…) Donc, ils sont très réticents là : «pourquoi, pourquoi». Bon bien c'est parce c'est le procédé. (…) ça ne règle pas leur problème à eux autres là. Puis en plus, ça prend de la programmation. C'est sûr que ça va briser quelque part là. Puis c'est plus pesant Donc c'est tous des éléments qui font qu'au niveau entretien, ils sont sur la défensive. Mais c'est des éléments qui ressortent dans SSHE. (070420)	**Signe 48** U : Interprétation de la problématique de l'entretien des X7. R : A à nous l'expliquer suite à la SSHE d'il y a deux jours. E1 : Faire en sorte que les X7 répondent aux exigences du procédé. E2 : Préoccupé par les oppositions de l'entretien relatives aux X7. A1 : S'attend à devoir gérer une opposition entre les exigences d'entretien (leur donner des facilités) et celles du procédé. A2 : S'attend à ce que sur le plan organisationnel, l'implantation des nouveaux X7 génère de la réticence (plus de travail, plus compliqué, sans opérateurs supplémentaires). A3 : S'attend à ce que les X7, à cause de la programmation, demandent plus d'entretien qu'avant (à ce que ça brise plus souvent qu'avant) et soient plus exigeants physiquement (les X7 sont plus pesants). A4 : Il y aura une autre SSHE pour adresser ce problème. S : Le mode de fonctionnement et d'entretien des X7 avant l'innovation.
Du 18 avril 2007 au 6 juillet 2007			Signes 49 à 248

Signification des composantes du signe hexadique (dernière colonne)

Ces composantes sont définies dans Theureau (2006). Le tableau proposé ci-dessous est tiré de Viau-Guay (2009).

Composante du signe	Description
Unité de cours d'action (U)	Ce que l'acteur fait, dit, pense, ou ressent (action, communication, interprétation ou émotion) à l'instant *t* et qui est significatif pour lui.
Représentamen (R)	Choc, perturbation, distinction qui surgit. Peut être perceptif (par les sens), proprioceptif ou mnémonique (rappel de la mémoire).
Engagement (E)	Système des ouverts, plus ou moins près et importants (il y a une hiérarchie entre eux), i.e. ce qui intéresse l'acteur à l'instant *t*. À chaque moment, sur un engagement de base, il y a des ouverts nouveaux qui se construisent.
Structure d'anticipations (A)	Compte tenu de son engagement et de son expérience antérieure, ce sont des attentes précises, des alternatives possibles. Les anticipations peuvent être actives (« je m'attends à faire ça ou ça », anticipation des U) ou passives (« je m'attends à ce qu'il se produise ça ou ça », anticipation des R).
Éléments du référentiel (S)	Connaissances mobilisés dans la reconnaissance des R. Ces connaissances prennent la forme de types (savoir type, cours d'action et de communication type), de relations entre types et de principes d'interprétation. N'est pas stable mais se transforme par l'interaction de l'acteur avec l'environnement.
Interprétant (I)	Ce qui se construit de nouveau et vient enrichir et transformer le référentiel. Peut être symbolique (mots, chiffres) ou non.

A3.2 Consignes et guide d'entrevue de l'analyse éthique

Consignes

Le courriel suivant a été envoyé aux participants environ une semaine avant l'entretien éthique.

«Je vous remercie d'avoir accepté de participer à notre recherche. En vue de notre entretien, je vous invite à réfléchir à une situation qui a représenté un dilemme éthique dans le cadre d'un projet de conception.

Un dilemme est considéré «éthique» si vous vous êtes senti au prise entre deux valeurs en conflit. Ce type de situation crée une tension morale plus ou moins paralysante et nécessite de mettre en place des stratégies pour résoudre le dilemme. C'est sur ces aspects que portera l'entretien. Il se déroulera en 4 temps : 1) informations générales sur vos fonctions; 2) chronologie des faits relatifs au dilemme éthique vécu (vous pouvez faciliter l'entretien en préparant cette chronologie à l'avance, voire même en apportant des traces telles qu'un courriel, des documents, votre agenda, etc.); 3) en revenant sur ces faits, processus décisionnel construit, progressivement, en contexte, pour résoudre le dilemme; 4) retour sur les évènements et valeurs générales qui vous guident.

Vos propos seront tenus confidentiels (voir formulaire de confidentialité qui vous a été remis). Quelques jours après l'entretien, je vous en ferai parvenir une transcription pour fins de validation et d'éclaircissement.

Au plaisir de vous rencontrer,

Lyse Langlois

Responsable du volet éthique de la recherche.»

Guide d'entrevue sur les dilemmes éthiques

Préambule : Nous aimerions discuter d'**une** situation vécue au cours de votre parcours professionnel d'ingénieur concepteur qui a soulevé un dilemme éthique. Un dilemme éthique est une problématique qui implique un conflit de valeur important. Vous êtes dans une sorte de situation qui vous invite à faire des choix entre deux ou plusieurs plans d'action possibles et contradictoires au niveau des valeurs.

L'entretien se déroulera en quatre temps. Après quelques informations générales sur vos fonctions, nous tenterons d'établir la chronologie des faits relatifs à la situation vécue. Puis, nous reviendrons sur ces faits de manière à se concentrer sur votre processus de décision, tel qu'il s'est construit progressivement en tenant compte du contexte tel qu'il vous apparaissait. A la fin, nous essaierons de situer l'événement de manière plus générale dans votre parcours éthique et par rapport aux valeurs qui guident vos décisions.

Temps 1 : Informations générales

- La fonction occupée au moment du dilemme éthique dans l'organisation et dans le projet, rôle, etc.
- Le parcours professionnel général et spécifique au sein de l'organisation actuelle et de la formation initiale d'ingénieur.

Temps 2 : Description factuelle et chronologique

- Pouvez-vous me parler d'une situation qui a représenté un conflit difficile à résoudre et qui fut un réel problème moral. Pourquoi cette situation représente un dilemme moral ?
- Quand cela s'est produit, la durée, les personnes impliquées et les fonctions, à quel moment est survenu le dilemme éthique, etc. ?

Temps 3 : Processus décisionnel

- Quels sont les éléments qui ont été retenus pour vous aider à éclairer votre démarche de résolution de problème : le rôle joué (actions et communications avec d'autres personnes), les éléments du contexte qui sont survenus et qui ont déterminés les actions, les décisions et les éléments de tensions entre règles organisationnelles, professionnelles, etc. ?
- Qu'avez-vous décidé de faire ? Avez-vous été en mesure de résoudre le problème ?
- Est-ce que c'était la meilleure chose à faire ? Pourquoi oui? Pourquoi non ?
- Quel était l'enjeu dans ce dilemme éthique ?
- Comment vous sentez-vous par rapport à cette situation ? Vis-à-vis de ceux et celles qui étaient impliqués-ées ? (si cela s'applique)

Temps 4 : Retour sur la situation

- D'après vous, y avait-il une façon différente de voir le problème ? Pourquoi ?
- Quelle est la place accordée à votre jugement moral ou personnel dans cette situation ? L'avez-vous mis à contribution ? Si oui, comment ? Si non, est-ce que vous avez préféré utiliser d'autres avenues ? (réglementation, politiques, administratif) Pourquoi ?
- Considérez-vous avoir été en mesure de résoudre le dilemme éthique ? Était-ce la meilleure chose à faire ? Avec le recul, avez-vous appris quelque chose de cette situation ?
- Finalement, est-ce que cette situation représente un problème moral ? Pourquoi ?
- D'après vous, que signifie la dimension morale ? Fait-elle partie de votre processus décisionnel ? Oui / Non Pourquoi ? Qu'est-ce qui serait pour vous un problème moral ?

© 2007

A.3.3 Questionnaire sur la pratique des ingénieurs en conception et la prise en compte des opérations

Ce questionnaire comporte trois sections : la première regroupe des questions générales sur votre profil, la deuxième recueille des données générales sur un projet de conception au sein duquel vous avez agi comme concepteur; la troisième concerne la pratique mise en œuvre dans le cadre de ce même projet.

Section 1 : Votre profil général

1. Quelle est votre spécialité en ingénierie (au niveau du baccalauréat) ?
   [___] Mécanique, électromécanique
   [___] Industriel
   [___] Électrique
   [___] Chimique
   [___] Civil
   [___] Informatique
   [___] Alimentaire, agro-alimentaire
   [___] Géologique
   [___] Des matériaux
   [___] Minier
   [___] Physique
   [___] De la construction
   [___] Biotechnologique
   [___] De la production automatisée

2. Combien d'années d'expérience avez-vous depuis l'obtention de votre baccalauréat ?
   [___] 5 ans et moins
   [___] 6 à 10 ans
   [___] 11 à 15 ans
   [___] 16 à 20 ans
   [___] Plus de 20 ans

3. Considérant l'ensemble de votre expérience professionnelle, dans quel domaine avez-vous principalement œuvré ?
   [___] Ingénieur d'usine, près des opérations (ex. : soutien aux usines, amélioration continue, production, maintenance, qualité, etc.)
   [___] Ingénieur en conception de produits
   [___] Ingénieur de projet en conception de procédés et d'installations de production

4. Combien de jours de formation en santé sécurité au travail (excluant la formation spécifique en ergonomie) avez-vous suivis après votre baccalauréat ?
   [___] Je n'ai suivi aucune formation en santé sécurité au travail
   [___] Moins de 3 jours
   [___] 4 à 10 jours
   [___] 11 à 20 jours
   [___] 21 jours et plus

5. Compte tenu de vos fonctions, considérez-vous que vos connaissances en ergonomie sont :
   [___] Très insuffisantes
   [___] Insuffisantes
   [___]Suffisantes
   [___] Très suffisantes

6. Combien de jours de formation en ergonomie avez-vous suivis après votre baccalauréat?
   [___] Je n'ai suivi aucune formation en ergonomie après mon baccalauréat
   [___] Moins de 3 jours
   [___] 4 à 10 jours
   [___] 11 à 20 jours
   [___] 21 jours et plus

7. Si vous avez répondu que vous avez suivi une formation en ergonomique après votre baccalauréat, sur quoi était centrée cette formation :
   [___] sur les normes ergonomiques (Human Factors)
   [___] sur les méthodes d'analyse des situations de travail réelles des opérateurs

Section 2 : Un projet de conception dans lequel vous êtes intervenus

Consignes relatives au choix du projet de référence. Choisir un projet :
- *en lien avec la conception d'**installations de production** (équipement, procédé, layout, machine, instrumentation, automatismes, etc.) impliquant des travailleurs (de production ou de maintenance);*
- *où vous avez agi en tant que concepteur.*

1. Le projet décrit ci-après en est un :
   [___] D'investissement (ex. : augmentation de capacité, nouveau produit, modernisation, remplacement d'équipement nouveau procédé)
   [___] D'amélioration continue et de soutien aux opérations courantes (réduction de risques, amélioration aux opérations, à l'entretien, etc.)

2. Dans ce projet, j'étais concepteur pour :
   [___] L'entreprise (propriétaire du projet)
   [___] Une firme de génie conseil
   [___] Un fournisseur d'équipements

3. Dans ce projet, j'ai été impliqué aux phases suivantes ("ne s'applique pas" signifie que cette phase n'a pas eu lieu dans le projet de conception):

	Oui.	**Non.**	Ne s'applique pas
- Ingénierie conceptuelle			
- Ingénierie préliminaire			
- Ingénierie de base			
- Ingénierie détaillée			
- Vérifications pré-opérationnelles			
- Chantier, construction			
- Mise en service et démarrage			

4. Le budget global de ce projet était de :

☐ Moins de $ 15 000 ☐ $ 500,000 à 1 M

☐ $ 15,000 à 100,000 ☐ $ 1 M à 10 M

☐ $ 100,000 à 500,000 ☐ Plus de $ 10 M

5. La conception technique était réalisée :

☐ Entièrement à l'interne, par l'entreprise (propriétaire du projet)

☐ En collaboration entre l'entreprise et une firme de génie conseil (et/ou un fournisseur d'équipements et/ou ingénieur consultant spécialisé)

☐ Entièrement par une firme de génie conseil et/ou un fournisseur d'équipements et/ou ingénieur consultant spécialisé)

6. En dehors des objectifs traditionnels de coûts, d'échéancier et de performance (capacité, qualité, productivité, etc.), est-ce que des objectifs supplémentaires formels du projet référaient :

	Oui.	**Non.**
- Aux opérations en général *(ex. : répondre aux besoins de l'usine, de l'atelier, etc.)*		
- À la santé – sécurité		
- Aux utilisateurs (ex. : installations user friendly, etc.)		
- Au payback ou retour sur investissement		
- Au développement durable et à l'environnement		
- Au fait de ne pas nuire à la production pendant le projet		

7. Est-ce que des activités formelles étaient prévues pour consulter les opérations (ex. : groupes de travail, revues de conception, revues santé-sécurité-hygiène, What if, Hazop, etc.) aux étapes suivantes du projet :

	Oui.	**Non.**	Ne s'applique pas
- Ingénierie conceptuelle			
- Ingénierie préliminaire			
- Ingénierie de base			
- Ingénierie détaillée			
- Vérifications pré-opérationnelles			
- Chantier, construction			
- Mise en service et démarrage			

8. Parmi les catégories suivantes de ressources, lesquelles étaient formellement associées ou identifiées comme soutien **à la conception** :

- ☐ Cadre production ou maintenance
- ☐ Personnel des services techniques
- ☐ Superviseur production ou maintenance
- ☐ Responsable des ressources humaines
- ☐ Spécialiste en santé, sécurité, hygiène
- ☐ Responsable formation
- ☐ Ergonome
- ☐ Travailleurs «de 1ière ligne» (production ou maintenance)
- ☐ Aucune

Section 3 : Votre pratique de concepteur

*Consignes : répondre aux questions en ayant en tête la pratique que vous avez mise en œuvre dans le cadre du **projet de référence** décrit dans la section précédente, **en particulier aux étapes de définition** (ingénierie conceptuelle, préliminaire et de base).*

1. La consultation des types suivants de ressources a-t-elle été importante dans votre processus de conception ?

	Aucunement importante	Peu Importante	Importante	Très importante	Non applicable
Cadre production ou maintenance					
Personnel des services techniques					
Superviseur production ou maintenance					
Responsable des ressources humaines					
Spécialiste en santé, sécurité, hygiène					
Responsable formation					
Ergonome					

2. Dans quelle mesure les énoncés suivants reflètent-ils les buts que vous poursuiviez en consultant ces ressources en cours de conception ?

	Jamais	Parfois	Souvent	Toujours	Ne sais pas
– De relier les caractéristiques techniques du dispositif et ses performances opérationnelles *(ex. : bottleneck, capacité, etc.)*					
– De connaître les normes et standards à respecter *(ex. : SST, qualité, etc.)*					
– De tenir compte des façons de faire réelles et méthodes de travail des travailleurs (opération et maintenance)					
– D'évaluer les enjeux humains du changement (résistance, acceptabilité, etc.)					
– De comprendre les conditions normales d'utilisation du futur dispositif par les travailleurs					
– De tenir compte de la variabilité des conditions d'utilisation du dispositif (normales et inhabituelles)					

– De comprendre les exigences au poste de travail (physiques, cognitives, etc.)					
– De comprendre les opérations actuelles *(ex. : historique des transformations, etc.)*					
– De projeter les opérations futures					
– De m'aider à cibler les spécifications de conception *(contraintes et opportunités)*					
– De m'aider à élaborer des scénarios de solution					
– D'évaluer les scénarios de solution					
– De respecter les exigences de consultation dans le projet formelles					
– De vendre le scénario de conception envisagé, expliquer les contraintes du projet					

3. Dans quelle mesure les énoncés suivants reflètent-ils ce qui a guidé vos choix de consultation ou non en cours de conception ?

L'énoncé reflète ma pratique de conception →	Très bien	Bien	Peu	Très peu
Je privilégie les données compilées et chiffrées aux connaissances que les gens ont des opérations.				
Je considère que les connaissances des gens d'opérations complètent les données compilées et chiffrées.				
Je privilégie les informations les méthodes formelles de travail à celles sur les façons de faire réelles des travailleurs.				
Je privilégie la consultation des travailleurs (production et maintenance) pour connaître l'usage réel d'un dispositif de production				
Je privilégie la consultation des superviseurs (production et maintenance) pour connaître l'usage réel d'un dispositif de production				
Je considère les travailleurs compétents pour projeter l'usage futur du dispositif de production.				
Je considère que consulter les cadres et superviseurs permet de cerner la plupart des besoins des opérations.				
Je trouve que les gens des opérations ont du mal à se projeter dans le futur lorsqu'on leur présente les scénarios de conception.				
J'évalue dans quelle mesure je suis outillé pour consulter efficacement les cadres et superviseurs sur les besoins des opérations.				
J'évalue dans quelle mesure je suis outillé pour consulter efficacement les travailleurs.				
J'évalue dans quelle mesure je suis outillé pour projeter les scénarios de solution en termes d'usage futur avec les travailleurs.				
Je trouve difficile de consulter les gens des opérations tant que la solution n'a pas commencé à être développée.				

Je sélectionne les personnes à consulter sur la base de leurs qualités relationnelles (*ex. : coopératif, attitude positive, ouverture, etc.*).				
Je sélectionne les personnes à consulter sur la base de leur capacité à collaborer avec les concepteurs (*ex. : comprendre les contraintes conception, pouvoir parler solution, etc.)*				
Je trouve difficile d'interagir avec les travailleurs.				

4. Avez-vous eu à résoudre un conflit opposant deux éléments parmi les suivants (si oui, cochez les deux éléments entrant en conflit)
   [___] L'atteinte des objectifs de coût, d'échéancier et d'étendue du projet
   [___] L'atteinte des objectifs opérationnels à plus long terme
   [___] Mes valeurs personnelles
   [___] Les valeurs organisationnelles
   [___] Le respect de la légalité
   [___] Le respect de la déontologie professionnelle
   [___] Je n'ai pas eu à résoudre de tel conflit

5. Lorsque vous avez tenté de résoudre ce conflit, votre décision reposait prioritairement sur (cochez **le** facteur déterminant) :
   [___] L'atteinte des objectifs de coût, d'échéancier et d'étendue du projet
   [___] L'atteinte des objectifs opérationnels à plus long terme
   [___] Mes valeurs personnelles
   [___] Les valeurs organisationnelles
   [___] Le respect de la légalité
   [___] Le respect de la déontologie professionnelle

6. Ce conflit a-t-il généré pour vous un dilemme éthique (un dilemme éthique est un conflit de valeur personnel et/ou professionnel) ?
   [___] Non, cela ne m'a pas généré de dilemme éthique
   [___] Oui, cela m'a généré un dilemme éthique

ANNEXE 4 : OBLIGATIONS LÉGALES DE L'INGÉNIEUR LIÉES À LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL : RÉSULTATS DÉTAILLÉS

Les résultats de la présente annexe reposent sur des collaborations avec messieurs Sylvain Déry (étudiant en droit, U.Laval), Jean Bernier (U.Laval) et Alain L'Épicier (CSST). Les données indiquées sont à jour en date du 1er novembre 2006. Il faut donc se méfier des jugements rendus ultérieurement et des possibles modifications législatives ou règlementaires.

Plusieurs documents législatifs cadrent la pratique des ingénieurs au Québec. Ceux étudiés dans le cadre de cette recherche sont la *Loi sur les ingénieurs* (*L.s.i.*), le *Code de déontologie des ingénieurs* (*C.d.i.*), le *Code des professions* (*C.p.*), la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (*L.s.s.t.*) et ses règlements de même que le *Code de sécurité pour les travaux de construction*, la *Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (L.a.t.m.p.)*, le *Code civil du Québec* (*C.c.Q.*), la *Loi sur la sécurité civile* (*L.s.c.*), la *Charte des droits et libertés de la personne* et le *Code criminel* (*C.cr.*).

Au-delà des sources mentionnées ci-dessus, de nombreux acteurs interviennent dans l'établissement des règles visant à promouvoir et à assurer la santé et la sécurité des utilisateurs de même que la qualité des biens conçus par l'ingénieur. Parmi ces acteurs, on note l'Ordre des Ingénieurs du Québec (O.I.Q.), le Bureau du syndic, le Comité de révision, le Comité d'inspection professionnelle, le Comité de discipline (C.D.), l'Office des Professions du Québec (O.P.Q.), le Tribunal des Profession du Québec (T.P.Q.), le Bureau du Coroner, le Conseil Interprofessionnel du Québec (C.I.Q.) et la Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail du Québec (CSST).

Avant d'entreprendre l'analyse juridique (sections A4.2 et A4.3), il importe de classifier l'importance des sources d'information juridique (section A4.1).

A4.1 Classification des sources de droit

Il existe, en droit canadien, une véritable hiérarchie faisant varier l'état du droit et l'importance des documents étudiés par rapport à une situation donnée.

Ainsi, en ordre d'importance, nous retrouvons la Constitution, les lois et règlements, la jurisprudence, les décisions gouvernementales et administratives et, en tout dernier lieu, la doctrine.

La Constitution

Pour assurer l'homogénéité juridique au pays, nous retrouvons au sommet de la pyramide législative canadienne la Constitution. Elle est sans contredit la loi suprême et elle comprend notamment la *Loi constitutionnelle de 1867*, la *Loi constitutionnelle de 1982* et la *Charte canadienne des droits et libertés*. Les droits qui y sont inscrits ont une valeur supralégislative et il est, en principe, impossible d'y contrevenir (il existe néanmoins certaines exceptions à cette suprématie des droits, notamment avec l'article 33 de la *Charte canadienne des droits et libertés* qui permet certaines dérogations aux droits garantis).

Il revient aux tribunaux d'interpréter la Constitution. Or, puisque ces derniers n'ont pas tous la même importance, il faut se méfier de décisions contradictoires émanant des tribunaux inférieurs et/ou administratifs.

Les lois et les règlements

Immédiatement sous la Constitution, on retrouve les lois formelles, fédérales et provinciales. Toutes ces lois doivent nécessairement être conformes à la Constitution pour avoir force de loi. Autrement, elles risquent d'être invalidées par les tribunaux. Au surplus, les lois provinciales doivent être édictées à l'intérieur de leur champ de compétences, sans empiéter sur les compétences fédérales. Cette obligation est réciproque et le Fédéral ne peut, en principe, empiéter dans les domaines qui relèvent exclusivement de la compétence du Québec.

Les lois et les règlements sont adoptés par le législateur. Ce dernier est la personne ou le groupe de personnes qui a pour fonction d'édicter les lois. Au Canada, c'est le Parlement fédéral alors qu'au Québec, il s'agit de l'Assemblée nationale (Éducaloi 2006).

Dans le cadre de la recherche, les principales mesures législatives provinciales étudiées sont les suivantes : la *L.s.i.*, le *C.d.i.*, la *L.s.c.*c.d, le *C.c.Q.*, la *L.s.s.t.*, le *C.p.*, la *L.s.c.*, la *Charte des droits et libertés de la personne* et le *C.cr.*.

La jurisprudence

La jurisprudence constitue la troisième source de droit en importance.

La C.S.C. est le plus haut tribunal du pays. Ses décisions sont fondamentales et constituent la règle de droit. Les décisions des Cours d'appel suivent, puis celles des Cours supérieures. Enfin, les Cours provinciales, dont la C.Q., et les tribunaux administratifs sont à la base de la pyramide. Il va sans dire que la plus grande prudence s'impose lorsqu'une décision contradictoire est rendue par un tribunal inférieur. Il peut néanmoins arriver à l'occasion qu'un jugement soit plus important qu'une loi.

Les décisions gouvernementales et administratives

Les décisions gouvernementales et administratives comprennent les règlements et les décisions des tribunaux administratifs, telle l'O.P.Q. Les décisions émises par ces instances spécialisées sont importantes, mais elles doivent être étudiées en fonction de la hiérarchie des sources de droit.

Dans le cadre de cette recherche, les principales décisions administratives proviennent du C.D. et du T.P.Q.

La doctrine

Comme nous pouvons le constater, la doctrine, bien qu'extrêmement importante, cède le pas devant la Constitution, les lois fédérales et provinciales, la jurisprudence et les décisions gouvernementales et administratives. Seuls quelques auteurs peuvent prétendre influencer l'état du droit en contredisant les sources de droit précédemment mentionnées.

Nous invitons le lecteur qui souhaiterait approfondir ses recherches à consulter les documents cités dans l'encadré A4.1, qui sont d'une grande valeur référentielle.

Encadré A4.1 : Documents de doctrine juridique consultés dans le cadre de la recherche et provenant de la banque de données SOQUIJ

Arsenault, L., « L'ingénieur et sa responsabilité professionnelle », 58 Assurances, 1990-91, pp. 233-248, SOQUIJ AZ-90102410;

Bernard, N., « [...] moyens d'exonération des ingénieurs [...] », 3 R.J.E.L., 1989, pp. 73-102, SOQUIJ AZ-89105102;

Dubé, G., « Quelques facettes du contrat d'ingénierie », Meredith Mem. Lect., 1993, pp. 73-111, SOQUIJ AZ-94104619;

Kott, O. F. et Roy, C., « La responsabilité des professionnels, dans La construction au Québec : perspectives juridiques », Montréal, Wilson & Lafleur, 1998. pp. 459-535, SOQUIJ AZ-99101028;

McLachlin, B. M. and Wallace, W. J., « The Canadian Law of Architecture and Engineering », Toronto, Butterworths, 1987, 453 p., SOQUIJ AZ-87106141;

Péloquin, L. O., « La nature juridique de la responsabilité des architectes et des entrepreneurs », 44 R. du B. 1984, pp. 775 à 813, SOQUIJ AZ-84102940;

Rodrique, S. et Edwards, J,, « La responsabilité légale pour la perte de l'ouvrage et la garantie légale contre les malfaçons », dans Kott O. F. et Roy C., La construction au Québec : perspectives juridiques, Montréal, Wilson & Lafleur, 1998, pp. 409-458, SOQUIJ AZ-99101027.

Le droit civil, le droit pénal et le droit criminel

Le droit civil est une branche du droit applicable aux rapports entre les individus. Le *C.c.Q.* régit, en harmonie avec la *Charte des droits et libertés de la personne* et les principes généraux du droit, les personnes, les rapports entre les personnes ainsi que les biens. Le *C.c.Q.* est constitué d'un ensemble de règles qui, en toutes matières auxquelles se rapportent la lettre, l'esprit ou l'objet de ses dispositions, établit, en termes exprès ou de façon implicite, le droit commun. En ces matières, il constitue le fondement des autres lois qui peuvent elles-mêmes ajouter au code ou y déroger (disposition préliminaire du *C.c.Q.)*.

Quant au droit pénal, il s'agit plutôt des lois et des règlements qui ont pour objet de punir les crimes et les infractions par l'imposition d'une peine, comme une amende ou l'emprisonnement, à ceux qui y contreviennent. Parmi les lois pénales les plus connues on compte le *Code de la sécurité routière (*L.R.Q., c. C-24.2.) et le *C.cr.* En ce qui a trait à ce dernier, il s'agit de règles de droit dont l'objet est de punir des comportements interdits et non souhaités par la société canadienne (Éducaloi 2006).

La preuve et le régime des présomptions

1 – La preuve

Habituellement, la partie qui poursuit doit faire la preuve de sa réclamation. Le fardeau de preuve est donc l'obligation qui repose sur les épaules d'une partie de prouver l'existence des

faits qu'elle avance. Ce fardeau est plus important en matière criminelle ou pénale qu'en matière civile. En effet, en droit civil, on doit convaincre le tribunal d'une manière prépondérante alors qu'en droit criminel ou pénal, la Couronne doit démontrer hors de tout doute raisonnable les faits présentés (Éducaloi 2006).

2 – Le régime des présomptions

La présomption est une règle de droit par laquelle l'inférence d'un fait connu permet de supposer qu'un fait présumé existe, tant que cette présomption n'aura pas été réfutée. En ce sens, la présomption est un mode de preuve indirecte visant à établir l'existence d'un fait inconnu à partir d'un fait connu. Par exemple, la présomption d'imputabilité en matière d'accident du travail et la présomption d'innocence en matière pénale sont des principes de droit. Prenant appui sur le fait connu, la présomption permet de dispenser le demandeur de devoir établir l'existence d'un autre fait, celui-là inconnu. L'adoption de présomptions juridiques vise notamment à assurer une bonne administration et à simplifier la preuve des victimes. La présomption est dite légale lorsqu'elle est requise par la loi. Elle a force obligatoire, à condition que certains faits soient prouvés; elle est attachée à certains faits (Jurisdictionnaire 2006).

Il est possible de repérer les présomptions au moyen du choix des mots employés, tels que « est présumé » ou encore « est réputé ». Habituellement, l'expression « est présumé » renvoie à une présomption simple et donc réfragable par la production d'une preuve contraire. À l'inverse, l'expression « est réputé » renvoie à une présomption absolue et donc irréfragable. Autrement dit, la présomption qui concerne des faits présumés est simple et peut être repoussée par une preuve contraire; celle qui concerne des faits réputés est absolue et aucune preuve ne peut lui être opposée (Jurisdictionnaire 2006).

Par exemple, dans une affaire opposant un ingénieur à un client dénonçant un vice de conception, un juge peut présumer que l'ingénieur a commis une faute considérant la ruine prématurée du bien.

A4.2 Principales dispositions législatives et règlementaires

L'ingénieur, comme tous les membres des 45 ordres professionnels reconnus au Québec, est soumis à une série de mesures législatives visant à assurer la sécurité du public (l'article 7 de la *L.s.i.* énonce que l'O.I.Q. et ses membres sont régis par le *C.p.)*.

Afin de le guider dans son travail, l'ingénieur est notamment tenu de respecter un code de conduite appelé le *C.d.i.* ainsi que divers règlements et articles de la *L.s.i.* et du *C.p.* Parmi ces mesures, certaines ont particulièrement retenu notre attention.

La Loi sur les ingénieurs

La *L.s.i.* énonce à l'article 2 que le champ de pratique des ingénieurs consiste notamment en la conception d'ouvrages ou d'équipements industriels impliquant la sécurité du public ou des employés. L'alinéa 3(a) de cette loi ajoute que l'exercice de la profession d'ingénieur consiste spécifiquement à donner des consultations et des avis.

Le Code de déontologie des ingénieurs

Les articles pertinents sont classés ci-dessous par thématique. L'italique fournit des informations relatives à l'application de la disposition.

Tableau A4.2a : Articles du *Code de déontologie des ingénieurs* classés par thématique.

Les devoirs et les obligations envers le public	
L'environnement, la vie, la santé et la propriété	L'ingénieur, dans tous les aspects de son travail, doit respecter ses obligations envers l'homme et tenir compte des conséquences de l'exécution de ses travaux sur l'environnement et sur la vie, la santé et la propriété de toute personne (a2.01).
La qualité et la disponibilité	L'ingénieur doit appuyer toute mesure susceptible d'améliorer la qualité et la disponibilité de ses services professionnels (a2.02).
Le devoir d'information à l'O.I.Q	L'ingénieur doit, lorsqu'il considère que des travaux sont dangereux pour la sécurité publique, en informer l'O.I.Q. ou les responsables de tels travaux (a2.03). Lorsqu'un ingénieur se questionne sur la dangerosité d'un ouvrage, il s'adresse habituellement directement aux responsables des travaux, rarement à son Ordre professionnel.
Les connaissances suffisantes et les honnêtes convictions	L'ingénieur doit exprimer son avis sur des questions ayant trait à l'ingénierie seulement si cet avis est basé sur des connaissances suffisantes et sur d'honnêtes convictions, c'est-à-dire après une analyse diligente de la question (a.2.04, à être étudié en lien avec l'a.3.01.01). L'évaluation des connaissances et des convictions est laissée à la discrétion des ingénieurs. Contrairement à d'autres ordres professionnels, notamment les médecins, les ingénieurs n'ont pas à suivre des formations continues reconnues et à divulguer cette information à leur ordre professionnel.
Les devoirs et les obligations envers le client	
La qualité des services	L'ingénieur doit s'abstenir d'exercer dans des conditions ou des états susceptibles de compromettre la qualité de ses services (a.3.01.03). Ainsi, avant d'accepter un mandat, l'ingénieur doit tenir compte des limites de ses connaissances et aptitudes et des moyens dont il peut disposer pour l'exécuter (a.3.01.01).
L'intégrité	L'ingénieur doit s'acquitter de ses obligations professionnelles avec intégrité (a.3.02.01) et éviter toute fausse représentation concernant sa compétence ou l'efficacité de ses propres services et de ceux généralement assurés par les membres de sa profession (a.3.02.02).
La disponibilité et la diligence	L'ingénieur doit, en plus des avis et des conseils, fournir à son client les explications nécessaires à la compréhension et à l'appréciation des services qu'il lui rend (a.3.03.02). Advenant le fait que le client ignore les avis de l'ingénieur, ce dernier peut cesser d'agir pour ce client (a.3.03.04 (c)). Cela relève d'abord et avant tout de la relation contractuelle ingénieur – client. Lorsqu'un ingénieur se questionne vis-à-vis une situation « potentiellement » dangereuse, il est suggéré de mettre le tout par écrit et de l'envoyer directement au client.
L'indépendance et le désintéressement	L'ingénieur doit ignorer toute intervention d'un tiers qui pourrait influer sur l'exécution de ses devoirs professionnels au préjudice de son client (a.3.05.02).
Le devoir de dénonciation	L'ingénieur a l'obligation d'aviser le syndic, sans délai, s'il croit qu'un ingénieur enfreint le C.d.i.(a.4.01.01(g)).

Le Code civil du Québec

Le *C.c.Q.* régit, en harmonie avec la Charte des droits et libertés de la personne et les principes généraux du droit, les personnes. Il régit tous les droits en matière civile, notamment la responsabilité civile de l'ingénieur (Ministère de la Justice du Québec 2006). Les dispositions pertinentes étudiés dans le cadre de cette recherche, sont les articles 1457, 1458, 1463, 1468, 1473, 1478, 1590, 1729 et 2118 à 2121 *C.c.Q.* elles sont classées ci-dessous par thématique. L'italique fournit des informations relatives à l'application de la disposition.

Tableau A4.2b : Articles du *Code civil du* Québec classés par thématique

La responsabilité civile	
Ne pas nuire à autrui	Cette responsabilité concerne tout citoyen, y compris l'ingénieur. Il existe deux types de responsabilités civiles : 1) la responsabilité extracontractuelle (a.1457) qui découle d'un manquement à une règle de conduite sociale prévue par la loi et les usages; 2) la responsabilité contractuelle (a.1458), c'est-à-dire la responsabilité découlant d'un manquement à un devoir imposé par un contrat (écrit ou verbal). Malgré son bon vouloir, il est impossible de prévoir toutes les conséquences négatives pour autrui. D'ailleurs, la loi n'exige pas cela. Le devoir en matière de responsabilité civile se limite à adopter une attitude suffisamment prudente compte tenu des risques normalement prévisibles et à prendre les mesures raisonnables, compte tenu des circonstances, afin d'empêcher que ces risques (normalement prévisibles) se réalisent. La victime doit prouver qu'il y a un lien de causalité entre la faute commise et les dommages subis. La faute reprochée à la personne poursuivie doit être la cause immédiate et directe des dommages que la victime a subis (Éducaloi 2006).
Agir en conformité avec les usages et les règles de l'art	L'a.2100 impose le devoir d'utiliser les méthodes reconnues dans son domaine particulier d'expertise, d'utiliser les techniques, les procédés, les systèmes et les moyens de réalisation qui prévalent au sein de sa profession, à l'époque où le contrat est exécuté. Dans le cas de l'ingénieur, la L.s.i. et le C.d.i. serviront de point de repère pour guider les tribunaux dans l'appréciation du travail de conception effectué. La preuve du respect ou non des règles de l'art doit toujours se faire à l'aide d'un expert (voire l'expert) en la matière. Dans la revue Plan du mois de mars 2006 (Éthique et déontologie : L'obligation de bien connaître et respecter les normes de sécurité, PLAN, Mars 2006, pp. 32), on peut lire : «Le respect des règles de l'art constitue une obligation de la pratique du génie, peu importe le domaine. L'ingénieur ne peut jamais se soustraire à cette obligation en prétextant, par exemple, qu'il ne connaît pas une norme ou une règle particulière. De façon générale, les règles de l'art sont considérées comme un ensemble de connaissances techniques et de règles de pratiques nécessaires à une application prudente. Elles touchent tous les aspects de la conception et de la réalisation d'un mandat. Elles englobent aussi bien les méthodes de calcul, la connaissance des caractéristiques des matériaux utilisés, la maîtrise des techniques de construction ou d'assemblage que le respect des normes les plus récentes liées au domaine concerné. Concevoir un ouvrage selon les règles de l'art signifie également que l'ingénieur met tout en oeuvre pour répondre adéquatement aux besoins du client tout en respectant les normes en vigueur. L'ingénieur ne peut pas concevoir un ouvrage déficient uniquement dans le but de satisfaire les exigences budgétaires d'un

	client. L'ouvrage doit être fiable et fonctionner correctement, ce qui inclut les aspects sécuritaires. Une norme est un ensemble de règles fixant les conditions de réalisation d'une opération, de l'exécution d'un objet ou de l'élaboration d'un produit. La norme technique est le fruit d'un travail de synthèse de plusieurs spécialistes dans un domaine particulier. Les normes et les règles essentielles à la conception d'ouvrage sont consignées dans des codes qui évoluent constamment au gré des recherches et de l'expérience. L'ingénieur doit donc maintenir ses connaissances à jour.» Néanmoins, il faut se rappeler que la contravention à la règle de l'art n'est pas systématiquement synonyme de faute. En d'autres mots, les usages et les règles de l'art sont d'une utilité indiscutable dans l'appréciation du critère de faute, mais en bout de ligne, il revient au juge de jauger l'importance d'un tel manquement à la lumière de toutes les circonstances. En effet, les techniques et les connaissances évoluant rapidement, les usages et les règles de l'art peuvent parfois être dépassés. Leur strict respect n'est donc pas nécessairement indicateur d'une absence de faute et d'une bonne exécution (Beaudoin et Deslauriers, 1998).
La responsabilité de l'employeur pour la faute de son préposé	
Dommage causé dans le cadre de ses fonctions	L'a.1463 *C.c.Q.* prévoit qu'une personne qui commande à une autre personne d'exécuter certains actes pour son compte est tenue de réparer les dommages causés par la faute de son préposé dans l'exécution de ses fonctions. L'employeur est présumé responsable de l'incident et des dommages survenus à moins que : l'acte posé avait trait à la vie personnelle du proposé ou avait un but étranger à son emploi ; que le dommage résulte de la faute de la victime, d'un tiers ; que le dommage a été causé par une force majeure. Cependant, la victime a le choix de poursuivre autant l'employé personnellement que son employeur. Rien n'empêche le cumul des deux recours.
Le fait des biens – les biens meubles	
Le défaut de sécurité d'un bien meuble	Sont meubles les choses qui peuvent se transporter, soit qu'elles se meuvent elles-mêmes, soit qu'il faille une force étrangère pour les déplacer (a.905). L'a.1468 *C.c.Q.* énonce que le fabricant d'un bien meuble est tenu de réparer le préjudice causé à un tiers par le défaut de sécurité du bien. Il y a défaut de sécurité du bien lorsque, compte tenu de toutes les circonstances, le bien n'offre pas la sécurité à laquelle on est normalement en droit de s'attendre, notamment en raison d'un vice de conception ou de fabrication du bien, d'une mauvaise conservation ou présentation du bien ou encore de l'absence d'indications suffisantes quant aux risques et dangers qu'il comporte ou quant aux moyens de s'en prémunir (a.1469). La responsabilité s'étend même à la personne qui fait la distribution du bien sous son nom ou comme étant son bien et pour tout fournisseur du bien, qu'il soit grossiste ou détaillant, qu'il soit ou non l'importateur du bien (a.1468(b)).
Exonération	L'a.1473 prévoit que le fabricant, le distributeur ou le fournisseur d'un bien meuble n'est cependant pas tenu de réparer le préjudice causé par le défaut de sécurité de ce bien : s'il prouve que la victime connaissait ou était en mesure de connaître le défaut du bien ou qu'elle pouvait prévoir le préjudice ; s'il prouve que le défaut du bien ne pouvait être connu, compte tenu de l'état des connaissances au moment où il l'a fabriqué, distribué ou fourni et qu'il n'a pas été négligent dans son devoir d'information lorsqu'il a eu connaissance de l'existence de ce défaut.
Partage de responsabilité	L'a.1478 *C.c.Q.* précise que si le préjudice est causé par plusieurs personnes, la responsabilité pourra être partagée en proportion de la gravité des fautes respectives. Ainsi, la faute de la victime, commune dans ses effets avec celle de l'auteur, pourra

	entraîner un tel partage. Puisque l'ingénieur travaille rarement seul sur un projet de conception d'envergure au sein d'une firme conseil, il va de soi que cet article est d'une importance cruciale.
Le fait des biens – les ouvrages immobiliers	
La responsabilité solidaire	Sont immeubles les fonds de terre, les constructions et ouvrages à caractère permanent qui s'y trouvent et tout ce qui en fait partie intégrante (a.900 al. 1). La responsabilité solidaire met en cause deux fautifs ou plus dont les actes indépendants ont causé le même préjudice à un plaignant. L'a.2118 *C.c.Q.* énonce qu'à moins qu'ils ne puissent se dégager de leur responsabilité, l'entrepreneur, l'architecte et l'ingénieur qui ont, selon le cas, dirigé ou surveillé les travaux, et le sous-entrepreneur pour les travaux qu'il a exécutés, sont solidairement tenus de la perte de l'ouvrage qui survient dans les cinq ans qui suivent la fin des travaux, que la perte résulte d'un vice de conception, de construction ou de réalisation de l'ouvrage ou encore d'un vice du sol. Les tribunaux ont par ailleurs établi que les fonctions de l'ingénieur et de l'entrepreneur étaient différentes : le premier étant celui à qui sont normalement confiées la conception et la préparation des plans et devis, le second n'étant que l'exécutant. La responsabilité de ce dernier ne peut donc être fondée sur une obligation de vérification des données (Davie Ship Building Ltd. c. Cargill Grain Co, [1978] 1 R.C.S. 570; Lac-St-Charles (Ville de) c. Construction Choinière inc., J.E. 2000-1318 (C.A.).).
Exonération de la responsabilité solidaire	L'a. 2119 *C.c.Q.* est d'ordre public, de sorte qu'une clause excluant ou limitant la responsabilité de l'ingénieur serait nulle et ce, afin d'assurer la sécurité du public. L'article énonce avec précision les moyens dont chacun dispose pour s'exonérer : • l'architecte ou l'ingénieur peut se dégager de sa responsabilité uniquement en prouvant que les vices de l'ouvrage ou de la partie qu'il a réalisée ne résultent ni d'une erreur ou d'un défaut dans les expertises ou les plans qu'il a pu fournir, ni d'un manquement dans la direction ou dans la surveillance des travaux ; • l'entrepreneur sera dégagé en prouvant que ces vices résultent d'une erreur ou d'un défaut dans les expertises ou les plans de l'architecte ou de l'ingénieur choisi par le client ; • le sous-entrepreneur sera dégagé en prouvant que ces vices résultent des décisions de l'entrepreneur ou des expertises ou plans de l'architecte ou de l'ingénieur` ; • enfin, chacun pourra encore se dégager de sa responsabilité en prouvant que les vices résultent de décisions imposées par le client dans le choix du sol ou des matériaux ou encore dans le choix des sous-entrepreneurs, des experts ou des méthodes de construction.
	Le législateur québécois a voulu atténuer la rigueur de la règle à l'égard des professionnels lorsque le propriétaire (client) impose certains choix ou certaines méthodes de construction (*Ferme Richard Brault enr.* c. *Constructions D.M.D. Primeau inc.*, J.E. 96-1800 (C.Q.); *L'Amoureux* c. *Poirier*, J.E. 2006-462 (C.Q.)). Ainsi, un ingénieur ne peut être tenu responsable de la solidité d'un édifice lorsque le client, dûment averti d'un problème potentiel, choisi de ne pas recourir au remède approprié (*Entreprise Grutman inc.* c. *L'Archevêque et Rivets ltée*, J.E. 91-1034 (C.A)).

	Néanmoins, les moyens financiers réduits du client ne peuvent permettent à l'entrepreneur d'exécuter des travaux de moindre qualité, non conformes aux règles de l'art (*Muller* c. *Construction, Rénovation, Gérance Cormier "Géraco" ltée*, SOQUIJ AZ-50107776.).
	Depuis l'entrée en vigueur de cet article en 1994, les tribunaux ont précisé qu'il fallait interpréter restrictivement la portée de cette disposition législative (*Bell Canada* c. *Vidéotron Télécom ltée,* SOQUIJ AZ-50291171.). Qui plus est, l'article 2119 *C.c.Q.* n'a pas pour effet d'atténuer le devoir de conseil de l'entrepreneur ou du prestataire de services. Ce devoir s'étend à toutes les matières qu'il connaît ou devrait connaître suivant les normes d'habiletés ou de connaissances applicables aux termes des articles 2100 *C.c.Q.* et suivants et implique l'obligation de signaler au propriétaire les conséquences et les dangers de ses décisions (*Construction Comartin et Laporte inc.* c. *Portelance-Barbeau,* J.E. 98-2083 (C.S.)).
La responsabilité conjointe	L'a2120 *C.c.Q.* mentionne que l'entrepreneur, l'architecte et l'ingénieur, pour les travaux qu'ils ont dirigés ou surveillés et, le cas échéant, le sous-entrepreneur pour les travaux qu'il a exécutés, sont tenus conjointement pendant un an de garantir l'ouvrage contre les malfaçons existantes au moment de la réception ou découvertes dans l'année qui suit la réception. Quant à l'entrepreneur, sa responsabilité légale s'ajoute au régime conventionnel basé sur la responsabilité contractuelle (*C.D.L. 7000 Oholdings A.L.P* .c. *Scanaxa,* J.E. 2004-1511 (C.S.)). Les tribunaux ont établi en 1997 que l'obligation de garantie imposée par cet article pouvait être atténuée conventionnellement (*Nova Construction (Marcel Parent) inc.* c. *3098 – 1062 Québec inc.*, SOQUIJ AZ-97036232 (C.Q.)). La C.Q. a d'autre part déterminé en 2000 que l'acceptation des travaux par le client dégageait l'entrepreneur de sa responsabilité quant aux malfaçons apparentes (*St-Louis* c. *Partition Plus inc.,* SOQUIJ AZ-50187604 (C.Q.); *Drouin* c. *Constructions Denis Fontaine inc.*, SOQUIJ AZ-50187776 (C.Q.)). Plus récemment, en 2005, la C.Q. a affirmé que l'article 2120 *C.c.Q.* crée une obligation de garantie envers le client, laquelle oblige le constructeur à fournir un résultat précis et déterminé, comme dans les obligations de résultat (*D'Aoust* c. *L'Anthier,* SOQUIJ AZ-50311510 (C.Q.)).
La surveillance des travaux	L'a.2121 *C.c.Q.* ajoute pour sa part que l'architecte et l'ingénieur qui ne dirigent pas ou ne surveillent pas les travaux ne sont responsables que de la perte qui résulte d'un défaut ou d'une erreur dans les plans ou les expertises qu'ils ont fournis. Ainsi, les tribunaux ont confirmé que, pour engager la responsabilité d'un ingénieur qui n'a pas surveillé les travaux, il faut établir que ses plans ont été suivis intégralement et qu'ils comportaient une erreur causant la perte de l'ouvrage (*Creatchman* c. *Belcourt Construction Co.,* SOQUIJ AZ-76021159 (C.S.), appel rejeté pour d'autres motifs J.E. 79-835).
La garantie de qualité	
Les troubles prématurés	L'a.1729 *C.c.Q.* prévoit qu'en cas de vente par un vendeur professionnel, l'existence d'un vice au moment de la vente est présumée lorsque le mauvais fonctionnement du bien ou sa détérioration survient prématurément par rapport à des biens identiques ou de même espèce. Cet article crée donc une présomption de vice dans les cas mentionnés. La victime voit son fardeau de preuve allégé mais le concepteur est éloigné du processus de revendication judiciaire.
La mauvaise utilisation de l'acheteur	La présomption de l'a. 1729 *C.c.Q.* pourra être repoussée si le défaut est relié à une mauvaise utilisation du bien par l'acheteur.

	Cette disposition assure au client que l'ouvrage est conforme au contrat et exempt de vice, mais aussi de malfaçon. La période de garantie d'une année permet de remédier aux désordres et aux défauts mineurs qui existent ou qui peuvent survenir. Cette période permet ainsi de vérifier la qualité de l'ouvrage par un certain usage, mais elle est suffisamment brève pour qu'on ne puisse confondre malfaçon et usure normale. La responsabilité prévue à cet article est conjointe et non solidaire. La responsabilité de l'ingénieur devra s'interpréter à la lumière du contrat de surveillance ou de direction des travaux qu'il a reçu et accepté. À cet égard, il doit agir dans le meilleur intérêt du client et voir à ce que l'ouvrage soit réalisé conformément à ses attentes (commentaires du ministre de la Justice).

La Loi sur la santé et la sécurité du travail

Adoptée en 1979, la *L.s.s.t.* porte sur la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. Elle est la principale source législative à l'origine de la CSST. Cette disposition législative s'intéresse davantage à l'employeur qu'à l'ingénieur, ce qui contraste avec la *L.a.m.p.*; nous y reviendrons.

L'article 2 *L.s.s.t.* précise que la loi a pour objet l'élimination à la source même des dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs. Le deuxième alinéa traite des mécanismes de participation des travailleurs et des employeurs dans la réalisation de cet objectif.

L'article 3 *L.s.s.t.* énonce que la mise à la disposition des travailleurs de moyens et d'équipements de protection individuels ou collectifs, lorsque cela s'avère nécessaire pour répondre à leurs besoins particuliers, ne doit diminuer en rien les efforts requis pour éliminer à la source même les dangers pour leur santé, leur sécurité et leur intégrité physique.

L'article 4 *L.s.s.t.* ajoute que la loi est d'ordre public et qu'aucune disposition d'une convention ou décret y dérogeant n'est permise. Cependant, le deuxième alinéa ajoute qu'une convention ou un décret peut prévoir pour un travailleur, une personne qui exerce une fonction en vertu de la présente loi ou une association accréditée, des dispositions plus avantageuses pour la santé, la sécurité ou l'intégrité physique du travailleur.

Tableau A4.2c : Articles de la Loi sur la santé et la sécurité du travail classés par thématique

Droits du travailleur	
a.3	Droit à des conditions de travail qui respectent sa santé, sa sécurité et son intégrité physique.
a.10	Droit à des services de formation, d'information et de conseil en matière de santé et de sécurité du travail, particulièrement en relation avec son travail et son milieu de travail. Il a également le droit de recevoir la formation, l'entraînement et la supervision appropriés. Il a en outre le droit de bénéficier de services de santé préventifs et curatifs en fonction des risques auxquels il peut être exposé.
Droits de l'employeur	
a.50	Droit à des services de formation, d'information et de conseil en matière de santé et de sécurité du travail. *Cet article est très intéressant car il touche directement l'un des objectifs de la recherche qui consiste à intervenir auprès des ingénieurs dans leur travail de conception.*

Obligations du travailleur	
a.49	Doit (entre autres) participer à l'identification et à l'élimination des risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles sur le lieu de travail et collaborer avec le comité de santé et de sécurité et/ou le comité de chantier, ainsi qu'avec toute personne chargée de l'application de la *L.s.s.t.* et de ses règlements.
Obligations de l'employeur	
a.51	Doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique de ses travailleurs : 1° s'assurer que les établissements sur lesquels il a autorité sont équipés et aménagés de façon à assurer la protection du travailleur; [...] 3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur; [...] 5° utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur; [...] 7° fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état; [...] 9° informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié; [...]
a.54	Dans les cas déterminés par règlement, un employeur ou un propriétaire ne peut entreprendre la construction d'un établissement ni modifier des installations ou équipements à moins d'avoir préalablement transmis à la [CSST] des plans et devis d'architecte ou d'ingénieur attestant de leur conformité aux règlements, conformément aux modalités et dans les délais prescrits par règlement. Une copie des plans et devis doit être transmise au comité de santé et de sécurité ou, s'il n'y a pas de comité, au représentant à la prévention.

Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (R.s.s.t.) et le Code de sécurité pour les travaux de construction

Le R.s.s.t. et le Code de sécurité ont été adoptés en vertu de la *L.s.s.t.* Le R.s.s.t établit des normes dont le but est de préserver la santé et la sécurité des travailleurs. Il porte, entres autres, sur l'environnement du travailleur, les outils et certaines méthodes sécuritaires de travail (CSST 2006). Le tableau qui suit constitue un survol des articles abordant directement ou indirectement le travail de l'ingénieur.

Le Code de sécurité prescrit des normes et des mesures de sécurité destinées à sauvegarder la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs de la construction. Il prévoit notamment des normes sur l'éclairage, le chauffage, les installations sanitaires, la ventilation, les contraintes thermiques, les équipements de protection individuelle, l'outillage, etc. Il réglemente également les règles de sécurité à suivre lors de l'exécution de travaux de démolition, de coffrage, d'excavation et de tranchée, en hauteur, en espace clos, etc.

Tableau A4.2d : Articles du R.s.s.t. et du Code de sécurité abordant directement ou indirectement le travail de l'ingénieur

a.1	Définit certaines expressions du règlement. Par exemple « charge nominale » est définie comme étant la charge maximale établie par le fabricant ou par un ingénieur.
a.31	Énonce que les passerelles et plates-formes fixes ne doivent pas être soumises à des charges supérieures à celles spécifiées par le fabricant ou par un ingénieur.
a.245	Précise que tout appareil de levage doit être utilisé, entretenu et réparé de manière à ce que son emploi ne compromette pas la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des travailleurs. À cette fin, un tel appareil ne doit pas être modifié pour augmenter sa charge nominale ou pour servir à une autre utilisation sans une attestation signée par un ingénieur ou une attestation écrite du fabricant suivant laquelle la modification est sécuritaire.
a.278	Mentionne que les véhicules automoteurs fabriqués avant le 2 août 2001 doivent être munis d'une structure de protection en cas de retournement conforme à une norme de l'organisme de normalisation The Society of Automotive Engineers (SAE) ou à une norme offrant une sécurité équivalente. La conception, la fabrication ou l'installation d'une structure de protection est réputée faite conformément à la norme si elle fait l'objet d'une attestation signée et scellée par un ingénieur.
a.348	Stipule que le point d'attache du cordon d'assujettissement d'un harnais de sécurité doit notamment être attaché à un système de cordes d'assurance horizontales et d'ancrages conçu par un ingénieur, ainsi qu'en fait foi un plan ou une attestation disponible sur les lieux même du travail.

La Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles

Entrée en vigueur en 1985, la *L.a.t.m.p.* instaure un régime de réparation pour des blessures ou maladies causées par le travail. Elle prévoit le paiement d'indemnités lorsque nécessaire, la fourniture de soins de santé et l'aide à la réadaptation. Cette loi confère en outre, dans les limites prévues au chapitre VII, le droit au retour au travail du travailleur victime d'une lésion professionnelle.

Lorsqu'un employé se blesse en travaillant, il ne lui est pas possible de poursuivre son employeur au civil. En effet, pour être indemnisé, il doit nécessairement s'adresser à la CSST. Si la plainte est fondée, cette dernière versera une indemnité, que l'employeur ait commis une faute ou non. Il s'agit d'un régime similaire à celui de l'assurance automobile du Québec (régime de responsabilité sans égard à la faute) (Éducaloi 2006).

Ainsi, employeur et professionnels salariés (ingénieurs ou autres) sont d'office à l'abri d'une poursuite en responsabilité. Par le biais du régime d'indemnisation sans égard à la faute, l'ingénieur bénéficie d'une importante protection limitant sa responsabilité.

Le Code des professions

Le *C.p.* est la loi cadre du système professionnel québécois qui s'applique à l'ensemble des ordres professionnels.

Tableau A4.2e : Articles du Code des professions

a.23	Chaque ordre professionnel a pour principale fonction la protection du public. À cette fin, les ordres professionnels doivent notamment contrôler l'exercice de la profession par leurs membres.
a.32	Nul ne peut, de quelque façon, prétendre être ingénieur ni utiliser l'un de ces titres ou un titre ou une abréviation pouvant laisser croire qu'il l'est ou s'attribuer des initiales pouvant laisser croire qu'il l'est, ni exercer une activité professionnelle réservée aux membres de l'O.I.Q. Au surplus, nul ne peut prétendre avoir le droit de le faire ou agir de manière à donner lieu de croire qu'il est autorisé à le faire, s'il n'est titulaire d'un permis valide et approprié et s'il n'est inscrit au tableau de l'O.I.Q., seul habilité à délivrer ce permis.
a.39.4	L'information, la promotion de la santé et la prévention de la maladie, des accidents et des problèmes sociaux auprès des individus, des familles et des collectivités sont comprises dans le champ d'exercice de l'ingénieur, dans la mesure où elles sont reliées à ses activités professionnelles.
a.59.2	Nul professionnel ne peut poser un acte dérogatoire à l'honneur ou à la dignité de sa profession ou à la discipline des membres de l'ordre, ni exercer une profession, un métier, une industrie, un commerce, une charge ou une fonction qui est incompatible avec l'honneur, la dignité ou l'exercice de sa profession.

Le Code criminel

Depuis mars 2004, le *C.cr.* comporte des dispositions pouvant faciliter les poursuites en matière de négligence criminelle contre les entreprises et les ingénieurs.

Tableau A4.2f : Articles du Code criminel

L'obligation de la personne qui supervise un travail	
a.217.1	Il incombe à quiconque dirige l'accomplissement d'un travail ou l'exécution d'une tâche ou est habilité à le faire de prendre les mesures voulues pour éviter qu'il n'en résulte de blessure corporelle pour autrui. *Lorsqu'une personne subit un accident de travail parce que celle qui dirigeait les travaux a omis volontairement de prendre les mesures de protection nécessaires, cette personne peut faire l'objet d'accusations criminelles. En effet, toute personne chargée de diriger l'accomplissement d'un travail ou l'exécution d'une tâche a l'obligation de prendre les mesures voulues pour éviter que les autres personnes se blessent. Si elle omet de le faire en démontrant pour la sécurité des autres une insouciance « déréglée et téméraire (excessive, imprudente) », elle peut être accusée de négligence criminelle* (Éducaloi 2006).
La négligence criminelle	
a.219	Est coupable de négligence criminelle quiconque, soit en faisant quelque chose, soit en omettant de faire quelque chose qu'il est de son devoir d'accomplir, montre une insouciance déréglée ou téméraire à l'égard de la vie ou de la sécurité d'autrui. *La définition de la négligence criminelle repose donc sur les fondements suivants : il faut commettre un manquement à un devoir légal, en l'espèce en relation avec les lois et règlements en matière de santé et sécurité du travail, dans un état d'esprit d'insouciance téméraire ou déréglée, ce dernier élément étant essentiel. Ce manquement devra aussi causer une lésion corporelle ou un décès. Si une personne prend toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des employés, mais qu'il se produit tout de même un accident grave, il sera difficile de démontrer qu'elle a fait preuve de négligence criminelle. La Couronne ne pourra pas non plus porter une telle accusation s'il n'y a pas de lésions graves ou de décès même s'il semble que la sécurité des travailleurs soit menacée* (Éthique et déontologie 2006).

La Loi sur la sécurité civile et la Charte des droits et libertés de la personne

Le chapitre 3 de la *L.s.c. (Loi sur la sécurité civile*, L.R.Q., c. S-2.3. en vigueur depuis le 20 décembre 2001), traite des personnes dont les activités ou les biens sont générateurs de risques de sinistres majeurs. Un sinistre majeur est défini comme un événement dû à un phénomène naturel, une défaillance technologique ou un accident découlant ou non de l'intervention humaine, qui cause de graves préjudices aux personnes ou d'importants dommages aux biens et exige de la collectivité affectée des mesures inhabituelles (inondation, émission toxique, etc.).

Le préambule de la Charte des droits et libertés de la personne (L.R.Q., c. C-12; à jour au 1er juin 2006) énonce que tout être humain possède des droits et libertés intrinsèques, destinés à assurer sa protection et son épanouissement. L'article premier ajoute que tout être humain a droit à la sûreté de sa personne.

Dans le cadre de cette recherche, nous n'avons pas eu l'occasion d'approfondir davantage l'étude de ces documents législatifs.

Les normes

Selon le Petit Robert, une norme se définit comme l'ensemble des règles d'usage et des prescriptions techniques, relatives aux caractéristiques d'un produit ou d'une méthode, édictées dans le but de standardiser et de garantir les modes de fonctionnement, la sécurité et les nuisances. Les normes peuvent être nationales ou internationales. Nous traiterons dans l'encadré suivant du cas particulier des normes édictées par le Guide de pratique professionnelle élaboré par l'OIQ.

Encadré A4.2 : Normes édictées par le Guide de pratique professionnelle élaboré par l'OIQ

Introduction. L'O.I.Q. a élaboré un Guide de Pratique professionnelle (G.P.P.) dans le but notamment d'offrir aux ingénieurs un outil permettant de mieux cerner les nouvelles exigences de la profession d'ingénieur en mettant en lumière la mission de l'O.I.Q. et les valeurs fondamentales de l'ingénieur. Il présente entre autres les objectifs d'excellence que l'O.I.Q. propose à ses membres et tente de sensibiliser l'ingénieur à l'environnement de pratique (technique, gestion, direction, organisation, etc.) qui est en perpétuel changement. Le G.P.P. constitue un outil de normalisation interne qui vient préciser les prescriptions plus larges du droit commun. L'O.I.Q. recommande d'ailleurs (mais ne l'impose pas) à tous ses membres de suivre les orientations proposées dans le G.P.P. et de le faire connaître. L'O.I.Q. considère le G.P.P. comme un ensemble d'objectifs d'excellence à atteindre, contrairement à un ensemble de normes minimales à respecter (OIQ 2003).Dans un contexte où l'O.I.Q. préconise l'autodiscipline et l'auto-surveillance de la pratique, le G.P.P. est d'autant plus pertinent qu'il transmet la vision de l'O.I.Q. sur les services professionnels rendus.

Mission et valeurs. La mission de l'O.I.Q. est notamment de promouvoir la qualité des services rendus à la société par les ingénieurs. L'O.I.Q. a également identifié quatre valeurs fondamentales de la pratique professionnelle de l'ingénieur. Il s'agit de la compétence, du sens éthique, de la responsabilité et de l'engagement social :

la compétence : l'ingénieur doit maîtriser ses connaissances, développer ses habiletés et adopter des attitudes appropriées. Il est redevable des avis qu'il donne en tout temps. Il doit limiter ses avis aux seuls sujets sur lesquels il possède les connaissances et l'expertise adéquates. Il doit également éviter de

donner son opinion sur des sujets sans avoir vérifier tous les faits ;

le sens de l'éthique : l'ingénieur doit privilégier l'intérêt de la société et de ses clients et reléguer au second plan la recherche de la rentabilité et de l'intérêt personnel. En outre, il doit faire preuve d'intégrité, de disponibilité, d'indépendance, de discrétion professionnelle et de solidarité à l'endroit des collègues. En somme, l'ingénieur doit, dans le respect de la législation, orienter son action suivant sa conscience professionnelle.

la responsabilité : l'ingénieur doit accepter uniquement les mandats pour lesquels il a les connaissances requises. Il doit en outre se porter personnellement garant de son travail.

la responsabilité : l'ingénieur doit, selon l'O.I.Q., manifester son engagement social en maintenant un haut niveau de qualité dans l'exercice de sa profession. Il doit par exemple explorer les avenues de développement économique, social, politique et écologique favorisant le mieux être des citoyens.

Les conséquences des travaux sur l'environnement, la vie, la santé et la propriété. Pour aider au respect de 2.01, le G.P.P. prévoit à la section 3.2.5 (Gestion des risques) les éléments essentiels dont il doit tenir compte dans son processus de conception : il doit notamment analyser les conséquences et les risques que le défaut d'une partie de l'ouvrage pourrait entraîner sur l'ouvrage lui-même ou sur la santé et la vie des personnes; il doit analyser le caractère particulier de certains ouvrages par rapport à la sécurité publique : hôpitaux, alimentation électrique, structures complexes, etc.; il doit prévoir l'utilisation sécuritaire des ouvrages par le personnel qui y sera affecté; et (mais sans limiter la portée de ce qui précède ; il doit s'assurer du respect actuel et futur des conditions limites quant à la capacité et à l'utilisation de l'ouvrage.

La participation du client. Le chapitre 4 traite de la participation du client dans l'élaboration du projet. Le G.P.P. indique que l'ingénieur doit établir une relation de confiance mutuelle et de coopération avec son client. Il doit aider le client à définir ses besoins et à comprendre ses responsabilités face au projet et à l'ingénieur. Ce dernier doit exécuter son mandat en tenant compte du degré de participation du client. Néanmoins, quel que soit le degré de participation, l'ingénieur conserve (en principe) la responsabilité de tout problème inhérent à son mandat (à moins que le client ne respecte pas un avis écrit de l'ingénieur).

La santé et la sécurité au travail et les projets. La section 3.3.11 du G.P.P. traite de la **surveillance des travaux** lorsque cela s'applique au mandat de l'ingénieur. Dans ces circonstances, il doit s'assurer, avant le début des travaux, qu'un programme de santé et sécurité au travail a été préparé. La section 3.4 du G.P.P. traite de la **mise en service**, c'est-à-dire le démarrage des équipements et/ou installations en vue d'atteindre les objectifs de performance établis par le client. À cet égard, l'ingénieur doit convenir avec son client de la formation du personnel. Il doit en outre préparer le scénario de démarrage et déterminer les modifications et ajustements qui pourraient être requis. L'ingénieur doit convenir avec le client des normes de sécurité applicables.

Concernant la santé et la sécurité en général, le G.P.P. prévoit que l'ingénieur doit tenir compte des programmes de santé et sécurité de son organisation et de ceux de ses clients. Les dispositions en matière de santé et sécurité devraient être consignées dans un programme. Elles doivent être conformes à la législation, aux règlements, aux normes reconnues et aux règles de l'art. Elles devraient au surplus être adaptées aux conditions du travail et définir les responsabilités, les outils de mise à jour, de suivi et de contrôle. Selon le G.P.P., l'ingénieur doit s'assurer que lui-même et ses employés disposent de tous les équipements requis pour leur permettre de se protéger adéquatement contre les dangers inhérents au travail qu'ils exécutent

A4.3 Jurisprudence

A l'aide du moteur de recherche de SOQUIJ (en combinant les vocables «ingénieurs» et «conception») ou directement auprès des institutions concernées, l'étude de la jurisprudence repose sur les documents suivants, retenus parce que pertinents à notre recherche, couvrant au total une période s'étendant de 1995 à 2006.

- 7 décisions rendues par le Comité de discipline de l'OIQ ;
- 5 décisions rendues par le Tribunal des professions ;
- 8 décisions rendues par le Bureau du Coroner ;
- 7 rapports d'enquête de la CSST ;
- 12 décisions rendues par les tribunaux en responsabilité civile du Québec ;
- 7 décisions rendues par la Cour suprême du Canada.

Afin de retracer ces documents, deux-cent-cinquante (250) décisions jurisprudentielles ont été consultées, émanant de la C.S.C., de la C.A., de la C.S., de la C.Q, des tribunaux administratifs et des comités disciplinaires.

Les enseignements jurisprudentiels sont les suivants.

L'étude de la jurisprudence surprend. En effet, aucune décision ne traite directement du sujet de la présente étude. Il semble que les recours judiciaires touchent davantage l'étape de l'exécution des travaux que celle de la conception.

Ce constat est surprenant, mais compréhensible. En effet, les ingénieurs ne travaillent pas directement avec le public et c'est habituellement à l'étape de l'exécution ou de l'utilisation que surviennent les problèmes. À l'étape de la conception, les risques futurs demeurent hypothétiques; le préjudice n'est pas survenu.

En processus de conception, les ingénieurs sont confrontés à divers impératifs. Le contexte varie donc énormément d'un projet à l'autre selon les attentes et les capacités du donneur d'ouvrage. Parmi les principaux éléments de contexte répertoriés dans la jurisprudence québécoise, se retrouvent :

- Le contexte d'appel d'offre.
- Le public (gouvernement – règles particulières) versus le privé.
- Les travaux temporaires vs de conception.
- L'échéancier et le budget (solution économique et/ou alternative).
- La dynamique client – ingénieur (implication dans les travaux).
- L'expérience et connaissance du client.
- Le nombre d'acteurs (concepteur, superviseur, entrepreneur, etc.)

Parmi les principaux éléments de contexte invoqués en défense dans la jurisprudence québécoise, notons :

- L'absence de faute, de dommage ou de lien de causalité
- L'accident (événement soudain et fortuit).
- Le contexte contractuel.
- L'obligation de renseignement du donneur d'ouvrage.
- La responsabilité de la victime (manquement, moyens financiers, usage excessif).
- La conformité aux attentes.
- Le respect du contrat (du donneur d'ouvrage).
- Le respect des normes et règles de l'art.
- La faute d'un autre intervenant (partage).
- Les plans non respectés (mauvaise exécution).
- Les appels d'offre et documents de la victime.
- Une exception d'application de la *L.s.i.* (non-exclusivité)
- La conception adéquate, mais l'exécution fautive.
- La probité professionnelle.
- Le respect (connaissances) (devoir de conseil).
- La distinction entre défaut de conception et insuffisance des installations.
- Les instructions claires avant, pendant et après la conception.
- La signature officielle versus administrative.
- L'exclusion du mandat

Tous ces motifs ont été invoqués afin de faire tomber les recours en responsabilité. Évidemment, ces motifs ne sont pas systématiquement synonymes d'exemption de faute. L'étude de la jurisprudence (cas par cas) s'avère essentielle puisque le contexte propre à chaque situation a une importance capitale sur les décisions des tribunaux.

ANNEXE 5 : FORMATIONS INITIALES ET INITIATIVES VISANT À INFLUENCER LA PRATIQUE DES INGÉNIEURS EN EXERCICE

Les résultats de la présente annexe reposent sur une collaboration avec madame Jacynthe Verville (bachelière en génie mécanique et étudiante en génie industriel, U.Laval). Les données indiquées sont à jour en date du 10 octobre 2006.

A5.1 Formation initiale et conception centrée situations de travail

Les données recueillies auprès des différentes institutions impliquées dans la définition des programmes de formation des ingénieurs québécois, comme la littérature scientifique, insistent sur l'importance de ne pas enfermer l'ingénieur dans un univers purement technique et de lui permettre d'acquérir des connaissances et des compétences en sciences sociales et humaines. Cependant, un tel objectif couvre des scénarios variés. L'étude de Lemaître (2003) réalisée en France montre qu'il peut s'agir de seulement viser le développement personnel de l'ingénieur comme, à un degré encore plus profond, de le rendre apte à prendre du recul et à réfléchir sur le sens du progrès par une approche plus philosophique des humanités. Qu'en est-il de la situation québécoise : des compétences humaines actuellement acquises pour accéder à l'exercice de la profession (formation initiale et compétences sanctionnées par l'examen professionnel) d'une part et des évolutions potentielles à venir à ce niveau ?

En ce qui a trait à la formation initiale dispensée dans les facultés de génie québécoises, il faut savoir que les programmes de 1er cycle sont normalisés à l'échelle nationale par le BCAPI. Ce dernier détermine les compétences minimales qu'un ingénieur doit acquérir et fixe un nombre d'unités d'accréditation (UA) pour chaque type de compétences (au total 1800 UA). Une unité d'accréditation correspond à une (1) heure d'enseignement ou deux (2) heures de laboratoire ou de travail dirigé. La toute première préoccupation des universités lorsqu'elles conçoivent leur programme de formation est évidemment la rencontre de ces normes afin d'obtenir leur accréditation. Cela constitue un cadre très rigide qui laisse peu de marges pour remplacer du technique par du non technique. Ces normes favorisent doublement l'homogénéité dans le monde des ingénieurs au détriment de la multidisciplinarité : 1) par l'établissement de ce cadre rigide; 2) par le fait qu'il fixe l'obligation que ces cours soient données par des ingénieurs.

À l'intérieur du cadre fixé par le BCAPI, les données recueillies auprès des universités montrent que celles-ci visent néanmoins à personnaliser leurs programmes et ce, de deux manières :

- en ciblant une clientèle spécifique d'étudiants selon la filière suivie (DEC technique et/ou DEC général) et la provenance géographique (régions du Québec ou extérieur du pays, etc.) ;
- en se définissant un créneau et une mission spécifique eu égard au type d'ingénieurs que chacune souhaite former pour répondre au mieux aux besoins de l'industrie.

Concernant ce deuxième point, les universités disent viser essentiellement les PME et la grande entreprise et arrimer la formation dispensée aux futurs ingénieurs aux besoins des entreprises selon quatre modalités :

- en impliquant les entreprises au sein des instances décisionnelles de l'école et de la faculté (conseil administratif, comité exécutif, commission des études);

- en les impliquant dans les évaluations et modifications de programmes;
- par les stages;
- par la recherche (réponse à des demandes, développement d'applications industrielles, transfert technologique).

De l'analyse des documents et des propos recueillis lors des entrevues, il se dégage quatre créneaux différents dans la mission que se donnent les universités :

- former des ingénieurs-concepteurs (par opposition à des ingénieurs d'usine) capables de gérer des problèmes d'ingénierie complexes possédant à la fois des dimensions techniques, sociales et économiques ;
- former des ingénieurs d'application technologique (des «supers techniciens») aptes à résoudre rapidement des problèmes complexes et à s'intégrer aisément au marché du travail;
- former des ingénieurs gestionnaires ;
- former des ingénieurs plus « humains », conscients de leur rôle et de l'impact de leurs actes sur l'environnement et la société.

En termes de stratégie pédagogique, les stages et les projets d'intégration ont de plus en plus la cote dans les programmes universitaires. Ils plongent rapidement le futur ingénieur dans le feu de l'action : l'étudiant apprend à faire face à un contexte d'incertitudes et à faire l'intégration de ces connaissances. Le travail de réflexion exigé de l'étudiant après un séjour en entreprise lui permet de faire une introspection sur l'expérience acquise, sur les ressources qu'il a dû mobiliser pour surmonter les défis techniques, mais aussi les problèmes rencontrés en tant que « décideur » dans l'entreprise. Au Québec on retrouve deux types de programmes : le programme dit « régulier » et le programme dit « coopératif ». Les programmes « coopératifs » se composent de sessions d'étude en alternances avec des sessions de stages ou minimalement d'un stage obligatoire conséquent (plusieurs semaines) alors que les programmes « réguliers » sont plus axés sur le théorique et les cours magistraux.

L'analyse des contenus de la formation humaine des ingénieurs (tableau A5.1a) montre que celle-ci se synthétise autour de 4 grandes thématiques (1^{ière} colonne) particularisées en 8 compétences (2^{ième} colonne), elles-mêmes détaillées en compétences spécifiques reprenant des expressions proches de celles retrouvées dans les descriptifs des universités (3^{ième} colonne).

Deux types de compétences sont développés dans l'ensemble des universités, sans exception. Il s'agit d'abord des compétences en communication et au travail en équipe (auxquelles la formation humaine est essentiellement associée) à du développement personnel, axé sur différents thèmes tels que la connaissance de soi, l'intégration à la vie universitaire et professionnelle et l'autonomie d'apprentissage. Ensuite, toutes les universités abordent le thème de la pratique professionnelle et de l'éthique, en l'associant au code de déontologie des ingénieurs et à ses obligations légales. L'ergonomie, qui nous intéresse plus particulièrement dans cette recherche n'est obligatoire que pour le génie industriel ; elle est cependant enseignée sous l'angle du human factors et comme une technique au service de la SST. En ce qui a trait à la SST, certaines universités ne l'aborde qu'au travers un cours visant à assurer la sécurité de

l'étudiant qui aura à aller en entreprise dans le cadre de ses stages[1]; lorsqu'il s'agit de la sécurité des travailleurs, la formation traite essentiellement de sécurité sur les chantiers de construction et de normes. Aucun des interlocuteurs rencontrés ne prétend que le programme de formation au génie ne prépare à connaître tous les articles de loi et normes pertinents à la pratique de la profession. Il s'agit plutôt de les outiller pour qu'ils puissent identifier et rechercher ces articles et normes.

Tableau A5.1a : Analyse de la formation humaine initiale des ingénieurs

Thématiques	Types de compétences	Compétences spécifiques
L'ingénieur en relation avec lui-même	Communication	Présentation orale, Rédaction technique, Entrevue, Recherche d'information.
	Développement personnel *(connaissance de soi, habiletés personnelles)*	Innovation et Créativité, Autoévaluation, Développement d'habiletés personnelles, Planification de carrière, Historique de la profession d'ingénieur.
L'ingénieur en relation avec ses collègues	Gestion *(de projets, de la technologie, des ressources)*	Gestion de projets, Gestion des RH, Gestion du temps, Gestion du risque, Gestion de la qualité, Gestion du changement, Gestion de la technologie, Gestion de la santé, et sécurité au travail, Gestion de la sécurité, Droit du travail et des relations de travail, Résolution de conflits, Travail en équipe et communication interactive, Leadership, Relations industrielles, Comportement organisationnel, Sociologie.
	Expérience professionnelle	Projet d'intégration, Stage en entreprise.
L'ingénieur en relation avec le client	Méthodologie de conception	Humain en conception (sécurité, fonctionnalité), Analyse des besoins du client.
	Affaires *(économie, mise en marché)*	Principes d'administration, Entrepreneurship, Développement international, Négociation / contrat, Analyse de risques financiers, Marketing, Vente, Systèmes économiques.
L'ingénieur en relation avec le public et le travailleur à protéger	Pratique professionnelle	Législations provinciales et fédérales, Droit de l'environnement, Éthique, pratique morale et valeurs, Code déontologique des ingénieurs, Responsabilité professionnelle, Rôle de l'ingénierie dans la société, Analyse d'impact sur la société/environnement, Développement durable.
	Santé et Sécurité *(environnement, ergonomie)*	Éléments d'ergonomie, Sécurité des machines, Sécurité des chantiers, Sécurité en laboratoire, Sécurité des procédés, Hygiène industrielle, Protection environnementale, Normes, Loi, et réglementation.

[1] La présence forte des étudiants sur le terrain, au cours des stages, oblige les universités à prendre des mesures pour éviter qu'il ne leur arrive des accidents dans les milieux de travail ce qui se traduit par un cours en SST tôt dans le curriculum.

Les compétences spécifiques énoncées dans les descriptions de cours et la grille précédente ont permis une évaluation du contenu des programmes pouvant être considéré comme de la formation humaine (tableau A5.1b)[2]. L'analyse montre que le pourcentage de crédits obligatoires en «formation humaine» est plus important en génie industriel (19%) et qu'il se situe autour de 10% pour les spécialisations les plus populaires (les 80% de diplômés en génie mécanique, chimique, électrique et civil). Les stages et les projets occupent près de 7% de la formation totale de l'ingénieur. Cependant, au niveau des stages, rien n'est exigé en fait de démonstration de compétences humaines acquises bien que cette activité soit considérée par tous les interlocuteurs rencontrés comme contribuant de façon importante ou offrant un potentiel de contribution importante à l'acquisition de compétences non techniques.

Tableau A5.1b : Pourcentage de crédits obligatoires, optionnels et de stages associés à de la formation non technique dans les programmes de baccalauréat dispensés par les écoles et facultés de génie du Québec

Génie	Crédits obligatoires	Crédits obligatoires et optionnels	Projets et stages
Chimique	10,3%	13,8%	5,9%
Civil	9,9%	13,5%	4,1%
Électrique	8,8%	13,8%	8,8%
Industriel	18,9%	28,5%	5,3%
Informatique	12,1%	16,1%	8,3%
Mécanique	9,1%	15,3%	6,9%
Tous programmes confondus	10,8%	15,9%	6,8%

L'étudiant diplômé d'un programme accrédité par le BCAPI obtient son inscription au tableau de l'OIQ à titre d'ingénieur junior, ce qui lui confère le statut de professionnel avec les avantages et les responsabilités qui s'y rattachent. Ce n'est cependant qu'après une période de 36 mois en exercice (période qui peut être ramenée à 24 mois grâce à un crédit de 4 mois pour un stage en entreprise et de 8 mois pour la participation à un programme de parrainage) qu'il peut se présenter à un examen professionnel et obtenir un permis d'ingénieur. Cet examen vise à vérifier si le candidat est familiarisé avec le droit professionnel, les principes de la pratique professionnelle, les notions d'éthique et de professionnalisme et les autres obligations professionnelles et s'il possède les connaissances juridiques nécessaires à l'exercice de la profession.

[2] Ce tableau ne donne les résultats que pour les principaux programmes. La dernière ligne correspond aux pourcentages pour l'ensemble des programmes analysés, soit 16 au total.

L'OIQ fournit au candidat ingénieur des notes préparatoires à l'examen qui décrivent le système professionnel québécois, l'exercice de la profession d'ingénieur ainsi que l'environnement juridique qui englobe la profession. L'OIQ a également publié en 2004 un « Guide de la pratique professionnelle des ingénieurs » qui a comme objectif d'améliorer la communication entre l'ingénieur et le client en présentant les valeurs fondamentales (détaillées en annexe 4) des ingénieurs et les objectifs d'excellence qu'ils doivent poursuivre, notamment au niveau de la gestion de projet et de l'organisation, de la technique ainsi que de la direction des organisations.

Cette étape de « juniorat », considérée comme faisant partie de la formation initiale, est importante puisqu'on y reconnait l'expérience terrain (y compris à travers les stages et le parrainage) et qu'elle doit permettre d'intégrer surtout des compétences humaines.

En terminant, les données recueillies par entretien ont cherché à comprendre dans quelle mesure cet état des lieux propres aux institutions «universités» est susceptible d'évoluer dans un proche avenir, au profit d'une meilleure préparation des ingénieurs à prendre en compte l'activité des opérateurs de la production et de la maintenance dans les projets de conception. L'ergonomie suggère que la prise en compte des utilisateurs nécessite une analyse des situations de travail existantes et futures, ce qui demande de **mobiliser** des outils d'analyse et des connaissances sur l'humain au travail, les savoirs d'expériences des différents acteurs de l'entreprise et les connaissances et expertises d'intervenants autres que les ingénieurs (préventionnistes, ergonomes, hygiéniste du travail, etc.) (Perronoud 1998). Cette capacité à mobiliser différentes ressources demande de faire des liens entre toutes les données composant un problème et d'être en mesure de transférer ses connaissances. La résultante de cette mobilisation pourrait permettre de travailler en interdisciplinarité.

Nos données révèlent trois thématiques (encadré A5.1a) autour desquelles s'articulent les propos de nos interlocuteurs concernant l'évolution possible des formations de base dans les années à venir. Deux constats principaux en ressortent.

D'une part, les développements potentiels à venir ne concernent pas la question de la prise en compte de l'utilisateur (le design centré utilisateur) tel que l'entend l'ergonomie centrée sur l'activité. En effet, la première tendance dont nos interlocuteurs nous ont entretenus correspond à une vision plus étroite de cette prise en compte que celle suggérée par les ergonomes puisqu'elle vise surtout à mieux sensibiliser et préparer l'ingénieur à la santé sécurité et à l'évaluation et la gestion des risques. Les deux autres sont périphériques en ce qu'elles visent davantage à ce que l'ingénieur adhère à ses obligations professionnelles (dont l'article 2.01 du code évoqué dans la section précédente) et soit en mesure d'aborder la conception dans toute sa complexité.

D'autre part, rien ne va dans le sens de mieux développer les compétences au travail interdisciplinaire avec les spécialistes d'autres professions ; on vise plutôt à former «des super ingénieurs» capables de tout faire. Lorsque la multidisciplinarité est envisagée comme compétence à développer, il s'agit de collaboration entre ingénieurs de spécialités différentes (par exemple, le génie industriel et le génie chimique). Il ne s'agit pas de mieux préparer par là à l'intégration de la technique et de l'humain.

Encadré A5.1 : Tendances visées pour améliorer la formation initiale des futurs ingénieurs par les représentants des universités et d'autres acteurs institutionnels du milieu du génie du Québec

Plus de SST dans la formation (tendance no 1)

- Une implication accrue des industriels dans la définition et l'évaluation des programmes (cependant ils font peu ou pas de pression en faveur d'une meilleure formation en SST).
- Faire en sorte qu'un plus grand nombre de professeurs soient porteurs de la préoccupation SST et leur fournir du matériel didactique en SST. Favoriser une intégration horizontale dans les programmes.
- Des efforts de la CSST pour promouvoir la SST dans les universités et soutenir celles-ci dans le développement d'aides à la formation : constituer des études de cas à partir des rapports d'enquêtes d'accidents, soutenir des projets qui visent le partage d'outils pédagogiques.
- Faire des efforts constants afin de cibler les lacunes de la formation en SST des ingénieurs et trouver des solutions afin de remédier à la situation, tel que démontré par la proposition du plan d'action en matière de gestion des risques fourni par l'OIQ.
- Enseigner l'importance des normes et la façon de les rechercher et de les utiliser et non de toutes les connaître.

Plus de professionnalisme (tendance no 2)

- Offrir des ateliers sur le professionnalisme, l'éthique et la déontologie dans les universités.
- Mieux encadrer les ingénieurs juniors, améliorer le parrainage, les notes préparatoires.

Plus de compétences à aborder les questions de la conception dans toute leur complexité, en simultanée (tendance no 3)

- Aller dans le sens des recommandations de l'ACG sur la réforme des critères d'accréditation des programmes afin de mieux tenir compte des compétences complémentaires importantes à la profession telles que la communication, le leadership et la gestion.
- Innover au niveau des programmes en les axant sur le développement de la créativité et sur les projets d'intégration qui mettent beaucoup l'accent sur l'intégration des matières, l'approche par compétences et le travail en équipe dans le but de faire tomber le cloisonnement entre les connaissances techniques et les habiletés interpersonnelles nécessaires à l'exercice de la profession de l'ingénieur.
- Tendre vers les programmes corporatifs, au profit d'un meilleur équilibre entre le théorique et le pratique.
- Viser l'innovation en matière d'enseignement du génie de la conception, tel que le font les chaires CRSNG en conception.
- Développer la formation en ergonomie (une école seulement).
- Appréhender la conception d'équipements à la fois efficaces et sécuritaires (plutôt que de former comme si l'efficacité technique et la sécurité étaient des critères «isolés»).

A5.2 Initiatives visant à guider la pratique des ingénieurs en exercice

Il s'est agit ici d'identifier ce qui, dans le monde actuel de l'ingénierie, représente un défi à surmonter afin de supporter l'exercice de la profession, en particulier ce qui va dans le sens d'une meilleure prise en compte des utilisateurs dans la conception tel que visée par l'ergonomie centrée sur l'activité. Les objectifs visés, au nombre de 5, sont détaillés en encadré A5.2a. Trois constats émergent.

D'abord, il ressort que tout effort pour influencer la pratique professionnelle de l'ingénieur, quel qu'il soit (donc incluant la prise en compte des situations de travail) demande de **travailler sur le défi de l'intégration** :

1. l'intégration des identités professionnelles et organisationnelles.
2. l'intégration des disciplines impliquées dans la conception (interdisciplinarité et compétences de gestion du changement, communication et travail en équipe).
3. l'intégration des objectifs de rentabilité, de qualité et de sécurité devant être poursuivis au travers la conception de dispositifs techniques.

En d'autres termes, toutes les initiatives souhaitées ou effectives identifiées dans l'encadré A5.2b pointent vers la nécessité, pour l'ingénieur moderne, d'améliorer sa capacité à intégrer des logiques contradictoires pour aboutir à «un travail de qualité» qui dépasse le seul respect des normes. Pour ce faire, il lui faut améliorer sa capacité à travailler en interdisciplinarité. Les initiatives effectives en ce sens sont peu nombreuses et rarement articulées autour de l'axe « prise en compte des utilisateurs».

Ensuite, la santé et la sécurité retiennent beaucoup l'attention dans une perspective de gestion des risques et de responsabilité professionnelle.

L'ergonomie, lorsque présente, est principalement associée à une technique au service de la santé et la sécurité, ce qu'elle n'est pas. Sa force se situe plutôt au contraire au niveau de son potentiel de contribution aux défis de l'intégration évoqués supra. L'analyse de l'activité réelle en situation existante et la projection de l'activité future visent fondamentalement à fournir à l'ingénieur des spécifications de conception allant dans le sens d'une recherche d'équilibre entre les conséquences de ses choix sur l'efficacité et la sécurité et ce, au profit d'une qualité de service rendu optimale. Ce constat, institutionnel, rejoint un constat réalisé à un niveau organisationnel lors d'une recherche antérieure portant sur un projet de conception mené en collaboration avec une firme de génie conseils et avec, au sein de l'équipe du propriétaire, un ergonome à disposition des ingénieurs : «*Tout se passe comme si* [les acteurs projet, gestionnaires et concepteurs] *voient la nécessité de mieux comprendre l'utilisation des installations existantes pour concevoir* [des installations efficaces et sécuritaires] *et comme si l'ergonome, de son côté, sait pouvoir avantageusement combler ce besoin. Cependant (...) la rencontre de l'offre et de la demande ne se fait pas*» (Lamonde et coll. 2003 : 37).

Encadré A5.2 : Nouvelles exigences et encadrement de la pratique de l'ingénieur en exercice

Le défi de l'intégration des identités professionnelles et organisationnelles (ou de l'allégeance à l'identité professionnelle en contexte organisationnel)

- L'ingénieur œuvre dans des domaines de plus en plus variés et complexes mais surtout, la majorité est salariée ce qui limite son autonomie professionnelle (on s'éloigne de la pratique dite « privée » centrée sur une relation directe au client) et on soumet l'ingénieur à de nouvelles tensions, notamment la tension entre l'intérêt de l'organisation et l'intérêt et les valeurs portées par la profession (dont les devoirs et obligations envers l'utilisateur, la vision technique et les valeurs humaines) (Bégin et Rondeau 2005).
- L'OIQ soutient de deux façons les ingénieurs dans leur formation continue : 1) en tant que promoteur du développement des compétences (sensibilise les ingénieurs et les employeurs en diffusant de l'information sur les tendances et l'évolution des attentes à l'égard des compétences des ingénieurs), 2) en tant que maître d'œuvre d'activités de formation (influence l'orientation et le contenu d'activités de formation et fait en sorte que les cours offerts correspondent aux demandes de formation). L'analyse des formations continues organisées par l'OIQ montre qu'en 2007-2008, 24 ingénieurs ont participé une formation de 7 heures sur le professionnalisme, 515 à différents ateliers sur la gestion des risques et 399 à des formations techniques (traitement des eaux et code de la construction) (OIQ 2009b).

L'interdisciplinarité

- Il s'agirait moins de former des super ingénieurs maîtrisant tous les aspects du champ de pratique que d'inciter à la collaboration inter professionnelle en balisant et en promouvant auprès des clients les titres réservés à chaque profession (OIQ 2009c, OTPQ 2009).
- Les entreprises ne veulent plus d'ingénieurs brillants mais enfermés dans leur tour d'ivoire. Au-delà du savoir-technique, ils recherchent maintenant un savoir-être que l'auteur associe au goût de la communication, aux aptitudes au management, aux capacités de travailler en équipe (communiquer de façon transversale avec d'autres métiers), etc. (Askenazi, B. 2007). Dans ce même article, le PDG d'Euro Consulting Group constate que l'on demande aux ingénieurs d'être polyvalents, que le coté techno s'efface au profit des qualités humaines et qu'il leur faut développer le « relationnel ».

Les compétences de gestion du changement, communication et travail en équipe (en marge de la technique)

- Selon le CCI, les ingénieurs ont besoin, pour travailler de manière efficace et concurrentielle, de compétences en gestion, en communication interpersonnelle et en travail en équipe de même que de connaissances sur les réglementations et sur le contrôle de la qualité (CCI 2006).
- Les nouveaux ingénieurs sont maintenant présentés comme des «ensembliers», des chefs de projet, des personnes de synthèse capables d'intégrer des logiques différentes, de communiquer avec efficacité, de diriger des hommes, de manipuler des logiques autres que celles de leur technique, etc (Giré et coll. 2000).
- L'industrie n'a pas besoin d'ingénieurs seulement capables d'appliquer des principes techniques, mais d'initiateurs de changement capables d'interpréter le monde pour identifier les besoins nouveaux, les manques, les aspirations nouvelles et de faire accepter les innovations à tous les acteurs sociaux.» (Lemaître 2003 : p.68).

La conciliation d'objectifs contradictoires et conflictuels : rentabilité, qualité, sécurité

- Dans leur pratique quotidienne, les ingénieurs doivent toujours faire face à un conflit entre les impératifs de la rentabilité et ceux de la sécurité et dans ce contexte, ils ne peuvent plus assurer la qualité de leurs travaux en se fiant uniquement au respect des normes techniques (Papineau 2007 :27).

La maîtrise de domaines spécifiques dont la SST (gestion des risques, normes en santé-sécurité … et ergonomie)

- Il faut que les ingénieurs se donnent un nouveau cadre de référence de base, pour tous les secteurs comme celui de la santé et sécurité au travail, de la sécurité des procédés, de l'environnement, de la sécurité civil, etc. Ce nouveau cadre entraînera des changements au plan des compétences (connaissances approfondies du processus de gestion des risques, maîtrise des méthodes sommaires d'analyse du risque). Individuellement au niveau du savoir-être, les ingénieurs devront adopter une attitude préventive et une sensibilité accrue aux situations dangereuses (Ghavitian 2007)
- Le bureau du syndic de l'OIQ, dont le principal mandat consiste à veiller à ce que les membres respectent la Loi sur les ingénieurs ainsi que tous les règlements adoptés conformément à celle-ci, est appelé quelque fois par année à agir dans des dossiers ou la gestion des risques est déficiente. Il constate que ce ne n'est pas que les ingénieurs ne veulent pas gérer les risques, c'est tout simplement qu'ils ne savent pas comment (Papineau 2007).
- La CSST, qui est responsable de la mise en application de la LSST et des règlements qui en découlent, considère (conformément à l'article 54 de la LSST) que « L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur ». L'employeur délègue généralement cette responsabilité à différents acteurs de son organisation souvent regroupés en comités multidisciplinaires, de sorte que l'ingénieur ne serait responsable que des solutions techniques qu'il élabore et approuve. Seuls certains règlements, qui traitent des phases de construction, des chantiers et des ouvrages temporaires impliquent la responsabilité de l'ingénieur : généralement pour attester de la solidité de structure ou d'équipements; rarement de la sécurité des situations de travail comme telle.
- Une école de génie a récemment développé, avec le soutien de la CSST, un microprogramme en ergonomie (formation continue) qui s'adresse spécifiquement aux ingénieurs et qui se veut une réponse à un besoin que plusieurs ont exprimé d'être mieux préparé à ce qui est exigé d'eux dans le domaine de la SST. Très orienté SST, il vise à développer des connaissances qui permettent aux ingénieurs d'assurer la prévention au quotidien et l'intégration de la sécurité dans toutes les fonctions de l'entreprise (Florès 2009). Ce type d'initiative s'inscrit dans les efforts déployés par la CSST, dans le cadre de son Plan d'action jeunesse, pour soutenir des projets d'intégration des compétences en SST dans la formation universitaire (CSST 2009).
- Quelques initiatives de la CSST et de l'IRSST visent plus spécifiquement, à cadrer ou guider le travail de conception en fournissant des guides. Le Guide du concepteur pour les convoyeurs, le Guide de prévention pour la sécurité des palettiers et le guide de la sécurité des machines (Sécurité des machines : Phénomènes dangereux, situations dangereuses, événements dangereux, dommages), sont des exemples d'outils d'aide à la conception sécuritaire d'équipements spécifiques.

ANNEXE 6 : PRÉOCCUPATIONS DES ENTREPRISES PARTENAIRES DE L'ÉTUDE DE CAS EN LIEN AVEC LA PRISE EN COMPTE DES SITUATIONS DE TRAVAIL EN CONCEPTION

A6.1 Préoccupations en lien avec la gestion des organisations et des projets dans leur ensemble

Des préoccupations latentes des entreprises partenaires de l'étude de cas pour la question de la conception centrée situations de travail ressortent au travers quatre items, le premier étant l'objectif de leur participation à la présente recherche.

L'étendue et les objectifs de l'étude de cas définis en collaboration avec les deux partenaires

Les deux entreprises se sont montrées intéressées à documenter leur processus de conception au travers la recherche, de manière à identifier comment les projets peuvent déboucher sur des opérations (production et maintenance) plus «user friendly» (figure A.6a). De tels résultats profiteraient aux opérations, mais également aux projets. Dans ce dernier cas, les phases de définition pourraient être plus efficaces (ingénierie conceptuelle, préliminaire, de base) de même que les phases d'exécution (ingénierie détaillée, essais, démarrage).

Dès la première réunion tenue pour proposer un partenariat de recherche à l'entreprise propriétaire, le gestionnaire rencontré a expliqué qu'il conçoit clairement les objectifs de qualité et de santé et sécurité du travail comme convergents et devant être mieux intégrés. Pour lui, le triangle de la performance, classique en ingénierie (mettant en lien trois éléments, à savoir la performance, l'efficacité technique et la fonctionnalité et enfin, la qualité) devrait être transformé en «carré de la performance» de manière à ajouter un élément, la santé et la sécurité au travail.

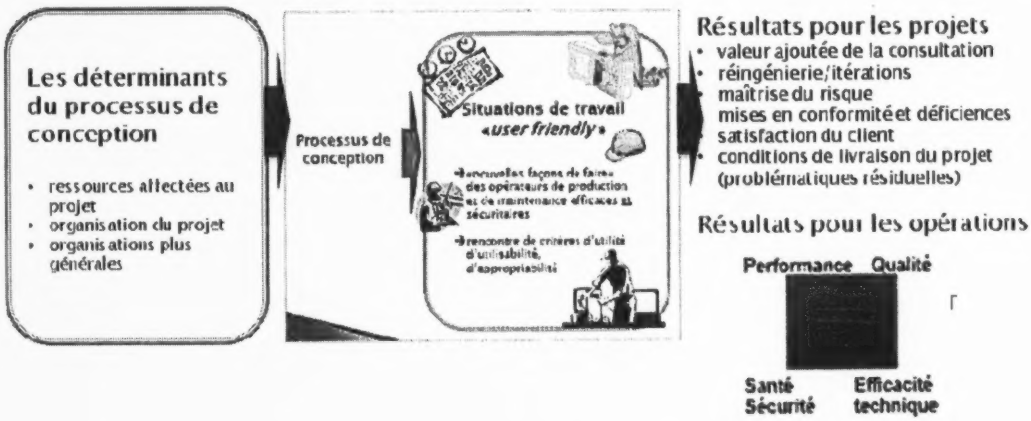


Figure A6 : L'étendue et l'objectif du projet de recherche définis en partenariat avec le donneur d'ouvrage et la firme de génie conseils impliqués dans l'étude de cas

Les indicateurs de performance des projets

Chez le donneur d'ouvrage, la préoccupation « situations de travail » n'apparaît pas directement dans les indicateurs de succès d'un projet (les KPI ou *Key Performance Indicators*). Cependant, les indicateurs concernent indirectement ce critère puisqu'ils traitent: de la durée des projets (volet conception et déficiences aux phases d'exécution); de la rentabilité des projets; de la sécurité et du développement durable; des coûts en ingénierie; du nombre de changements apportés en cours de projet (les «scope changes»); des extras.

En ce qui concerne la firme de génie conseils, la prise en compte de la sécurité est un argument de vente qui apparaît clairement, par exemple, sur son site web. Bien que l'on parle d'utilisation future des installations conçues, les exemples développés pour illustrer la bonne performance de la firme en matière de sécurité ne sont pas en lien avec l'usage des installations permanentes mais avec la sécurité sur les chantiers.

La gestion des talents et compétences

Des formations à l'éthique sont dispensées chez le donneur d'ouvrage. Les projets de soutien aux usines menés par les ingénieurs des services techniques (de l'entreprise propriétaire et de la firme de génie conseil), incluent la participation des opérations (production et maintenance). Cependant, les ingénieurs qui font du soutien technique connaissent peu les projets majeurs et vice versa.

Les enjeux d'amélioration des projets

Le projet suivi en intensif fait suite à deux projets (utilisés comme référence pour fins de validation) au cours desquels une préoccupation pour des projets plus efficaces, minimisant l'itération au niveau de l'ingénierie, s'est développée. Suite à des retards au niveau du 1^{ier} des deux projets de référence, un mandat a été confié à une firme de consultants spécialisée en stratégies, transformations et performances opérationnelles, pour qu'elle se penche sur les processus de gestion des projets et des travaux majeurs.

Deux processus ont retenu l'attention : l'ingénierie et l'approvisionnement. Au niveau de l'ingénierie, il est ressorti que les deux causes principales générant des itérations élevées étaient l'ingénierie simultanée et le processus de consultation des opérations. Suite à cette étude, un nouveau processus de consultation a été proposé et testé à l'occasion du second projet de référence. Il visait surtout à pallier «le manque de focus» et le manque de rigueur dans l'application des procédures (qui inviter, quand, planifier la rencontre, avoir un check list, etc.).

C'est dans ce contexte que le projet étudié en intensif dans le cadre de la recherche a démarré et qu'en cours de route, les entreprises ont procédé à la mise à jour du manuel des procédures de gestion des projets.

A6.2 Préoccupations en lien avec la gestion du projet suivi

Les objectifs du projet

Ils incluent la préoccupation générale de répondre au besoin des usines et de livrer des installations «en toute sécurité».

La définition des rôles et responsabilités.

Elle mise notamment sur les éléments et acteurs suivants.

1. La définition du rôle de l'équipe du propriétaire (entre autres, de se préoccuper «*en tout temps à trouver des réponses pour les questions suivante: Qu'est-ce qui va bien, Qu'est-ce qui pourrait être amélioré? Quels sont les défis majeurs, Est-ce que les besoins des clients internes (usine) et les objectifs et priorités du projet sont respectés?*»).

2. Un coordonateur de projet qui :
- o «*assure une interface efficace entre le projet et les usines en matières de coordination d'ingénierie, de consultation, de construction, de mise en service, et de transfert des installations aux propriétaires*
- o *agit comme fil conducteur à travers les secteurs afin :*
  - ▪*d'assurer l'efficacité du processus de consultation ;*
  - ▪*de faciliter le développement des solutions à haut potentiel découlant des ateliers d'analyse de la valeur ;*
  - ▪*d'assurer l'intégration des standards et normes d'ingénierie ;*
  - ▪*d'assurer que les aspects de sécurité, d'opérationnalité, d'entretien, de constructibilité sont considérés ;*
  - ▪*d'assurer une coordination efficace entre les secteurs ;*
- o *veille à l'intégration dans la conception, des recommandations découlant des revues SSHE et Hazop ;*
- o *assure une interface efficace avec les usines durant les phases de mise en service et de mise en opération ;*
- o *planifie le transfert efficace du projet aux usines ;*
- o *coordonne les post-mortem et rapporte au Gestionnaire de projet les leçons apprises».*

3. Un ingénieur de secteur qui :
- o «*coordonne les activités d'ingénierie dans son secteur ;*
- o *veille à la qualité des livrables d'ingénierie dans son secteur ;*
- o *assure l'intégration des aspects sécurité, d'opérabilité, d'entretien, de constructibilité dans la conception ;*
- o *s'assure que toutes les demandes de changement (étendue, équipement, essais, etc.) sont identifiées sur la liste de tendance (les « trends ») du projet pour approbation par la direction du projet ;*
- o *influence les décisions afin de contribuer à l'atteinte des objectifs du projet ;*
- o *démontre du leadership en matière de sécurité durant touts les phases du projet ;*
- o *assiste dans la préparation des manuels, de la formation, et le transfert du projet aux opérations ;*
- o *s'assure de l'implication des opérateurs et travailleurs d'entretien dans le processus de consultation des équipes e travail de son secteur».*

4. Un coordonateur des opérations qui :
   - o *«agit comme fil conducteur concernant les aspects opérationnels ;*
   - o *coordonne le personnel des opérations concernées par le projet et aligne leurs attentes en fonction de l'étendue approuvée ;*
   - o *identifie des opportunités et risques d'organisation du travail en fonction de l'augmentation de la capacité de l'usine, et gère le plan d'action ;*
   - o *estime les coûts d'opération».*

L'équipe projet (firme conseil) met également à contribution un contrôleur de projet et un coordonnateur à l'approvisionnement et un spécialiste du procédé.

Enfin, il peut mettre à contribution, des ressources additionnelles, dont :

- l'ingénierie de l'entreprise pour réaliser des mandats spécifiques tels qu'assignés par la direction du projet ;
- le génie industriel ;
- le développement durable (son coordonnateur) ;
- la santé, sécurité et l'hygiène.

Les rencontres entre conception et opérations

Elles reposent en grande partie sur :

1. la formation d'équipes de travail, par secteur, qui se réunissent régulièrement (aussi souvent qu'une fois par semaine dans les phases de définition). Typiquement, une telle équipe est composée des directeurs de secteur du propriétaire et de la firme conseil, d'un ingénieur d'usine et/ou de procédé, d'un responsable de la production, de l'entretien et de la maintenance. Théoriquement, les résultats des consultations qui se font à l'extérieur de ces réunions sont rapportés à l'équipe qui doit faire consensus sur les demandes et décisions;
2. des revues SSHE prévues à la fin de l'ingénierie préliminaire (l'ergonomie apparaît comme une rubrique d'un check list utilisé à cette fin) ;
3. des revues HAZOP à l'étape de la construction et de la mise en service.

ANNEXE 7 : MODALITÉS DE CONTRIBUTION DES RESSOURCES OPÉRATIONS À LA DÉFINITION DES INSTALLATIONS : RÉSULTATS DÉTAILLÉS

L'analyse révèle que les ressources opérations, impliquées au travers le processus de consultation formel ou informel, contribuent au projet selon trois modalités distinctes et ce, en phase de définition comme que d'exécution du projet.

La première modalité est **la co-conception**. Les ressources opérations contribuent ici :

- à identifier les besoins, à projeter les impacts potentiels des choix techniques sur le travail réel, à réaliser des tests, des simulations, à trouver des alternatives et à faire des compromis;
- à faire le pont avec les gens d'opération non impliqués directement dans le projet, c'est-à-dire leur expliquer les contraintes du projet, favoriser une ouverture à faire des compromis et à les prendre en considération;
- en prolongement, en phase d'exécution, à faciliter l'implantation des solutions, y compris celles qu'elles ne trouvent pas optimales, en cherchant à développer des façons de faire, des formations, des moyens, de gérer les problèmes de fonctionnalités résiduels, de fonctionner avec ce qui leur est fourni.

C'est le cas de l'exemple suivant : «*on n'a pas pu nous fournir* [tel équipement, qui aurait brisé moins souvent], *donc on va trouver des moyens de faire de l'entretien préventif* ».

La deuxième modalité est **l'ajustement du processus formel de conception.** Cette modalité **s'accompagne ou non de confrontation**. Les ressources opérations cherchent ici : 1) à influencer indirectement les choix de conception en influençant les modalités d'interface avec les concepteurs; 2) à compenser en quelque sorte les limites du processus formel de consultation, tel que mis en œuvre par les concepteurs.

En pratique, cette modalité peut prendre plusieurs formes. Il peut s'agir de détourner la fonction première d'une SSHE pour parler de l'aspect fonctionnel des dispositifs de production, de demander d'avoir les plans avant la SSHE (parce que c'est projeter de façon rapide lors d'une réunion et que l'on parle plus du comment va fonctionner le système que du comment on va l'utiliser); d'influencer la liste des personnes invitées à un groupe de travail.

Lorsque ce processus s'accompagne de confrontations, les ressources opérations ont recours à des arguments qui, de leur point de vue, sont de nature à convaincre le concepteur du fait qu'ils touchent à «ce à quoi il est sensible». Par exemple, la ressource opérations va exagérer le risque, «brandir la norme», écrire sa dissidence dans un rapport pour se dissocier de la décision (notamment pour les ingénieurs des services techniques, afin de se protéger et ne pas être partie prenante d'une décision allant à l'encontre de l'article 2.01 de leur Code de déontologie).

Enfin, **la démobilisation** réfère aux cas où les ressources opérations disent avoir décidé de ne plus aller aux réunions des groupes de travail et de laisser aller les choses («*les ingénieurs se casseront le nez et finiront bien par voir que ça ne fonctionne pas leur solution*»).

Nous avons fait le jour sur le travail de nuit.

« La plupart des travailleurs de nuit ne parviennent jamais, même après des années, à s'adapter à un horaire… »

Pour les conclusions de cette recherche et de 700 autres études prioritaires en santé et sécurité du travail, consultez notre site:

www.irsst.qc.ca

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail